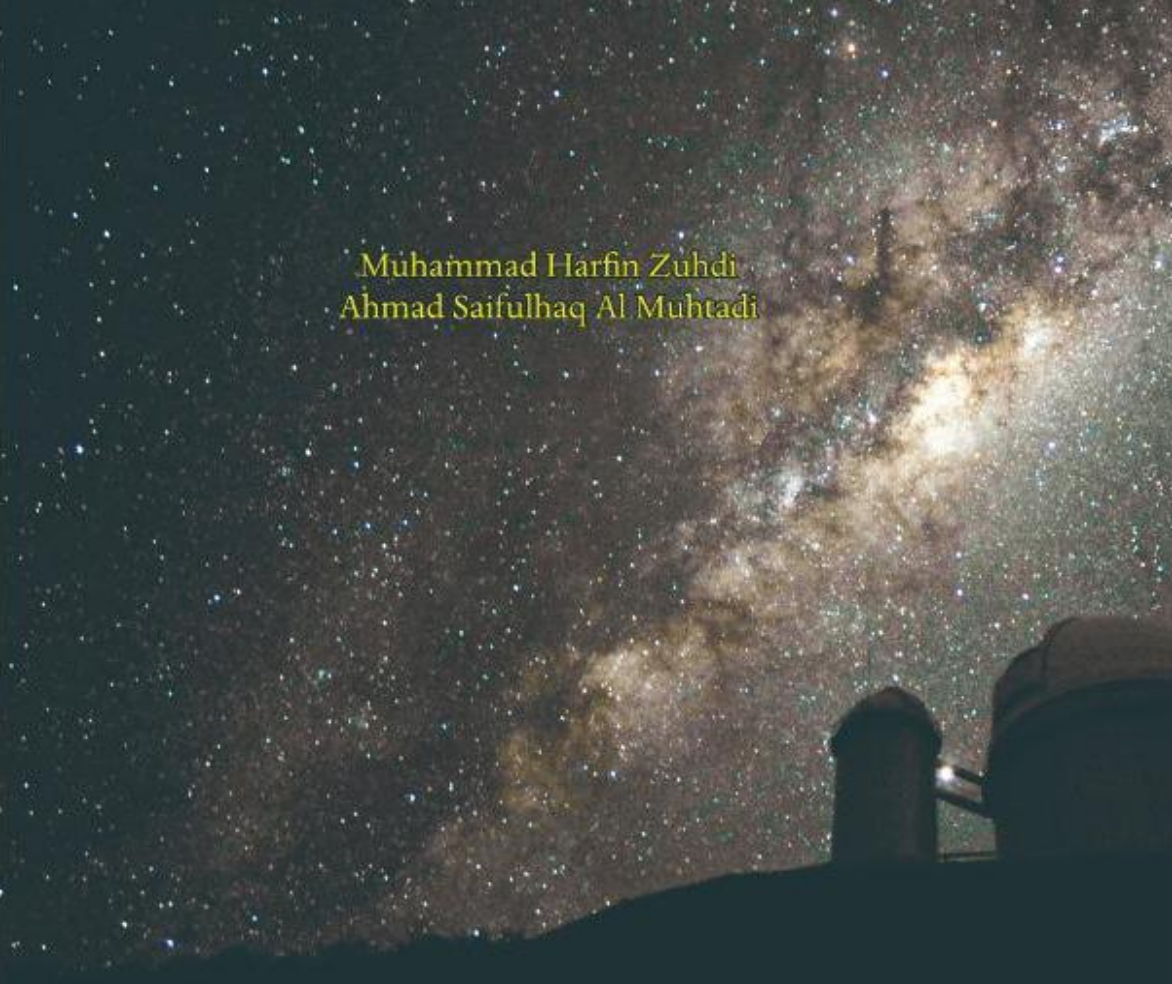


Muhammad Harfin Zuhdi
Ahmad Saifulhaq Al Muhtadi

ILMU FALAK ASTRONOMI

TEORI & APLIKASI DASAR

UIN MATARAM PRESS
GEDUNG RESEARCH CENTRE
Lt. 1- KAMPUS I UIN MATARAM
Jl. Gajah Mada No. 100 Jempong Baru - Mataram

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
M A T A R A M

ILMU FALAK_ASTRONOMI
[TEORI & APLIKASI DASAR]

Muhammad Harfin Zuhdi
Ahmad Saifulhaq Al Muhtadi

ILMUFALAK_ASTRONOMI
[TEORI & APLIKASI DASAR]

UIN MATARAM PRESS

ILMU FALAK_ASTRONOMI [TEORI & APLIKASI DASAR]
© UIN Mataram Press 2021

Penulis : Muhammad Harfin Zuhdi
Ahmad Saifulhaq AlMuhtadi
Editor : Muhammad Thohri
Layout : Tim Creative
Desain Cover : Tim Creative

All rights reserved
Hak Cipta dilindungi Undang Undang
Dilarang memperbanyak dan menyebarkan sebagian atau keseluruhan isi buku dengan media cetak, digital atau elektronik untuk tujuan komersil tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit.

ISBN : 978-623-98882-1-3
Cetakan 1 : Desember 2021

Penerbit:
UIN Mataram Press
Kampus II UIN Mataram (Gedung Research Centre Lt. 1)
Jl. Gajah Mada No. 100 Jempong Baru
Kota Mataram – NTB 83116
Fax. (0370) 625337 Telp. 087753236499
Email: uinmatarampress@gmail.com

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah, kami panjatkan, atas diterbitkannya sebelas (11) judul buku hasil karya para dosen UIN Mataram, baik yang dihasilkan oleh penulis tunggal maupun kolaboratif. Pemilihan buku-buku yang layak diterbitkan tersebut telah melalui seleksi yang cukup kompetitif. Penilaian dilakukan oleh reviewer yang ditunjuk oleh LP2M sesuai dengan relevansi keahlian mereka masing-masing dengan judul buku yang direview. Ini semua dilakukan untuk menjamin kualitas buku-buku yang diterbitkan sehingga layak menjadi sumber pengetahuan bagi khalayak.

Perkembangan studi keislaman di UIN Mataram sangat menggembirakan dengan integrasi -interkoneksi keilmuan berbasis horizon ilmu yang menjadi ciri khas UIN Mataram. Studi keislaman tidak lagi diletakkan dalam perspektif monodisipliner yang merasa cukup dengan dirinya sendiri. Sebagai bagian dari pranata yang harus memberikan kontribusi dan solusi bagi kehidupan sosial keagamaan, maka studi keislaman perlu saling memasuki dengan perangkat dan disiplin keilmuan yang lain dengan perspektif multidisiplin, crossdisiplin dan transdisiplin. Dengan demikian studi Islam akan benar-benar memiliki daya efficacy bagi transformasi sosial dan pada gilirannya, Islam akan terbukti berfungsi sebagai rahmat bagi seluruh alam.

Buku-buku yang terbit tahun ini memiliki topik yang beragam, yang menggambarkan kekayaan pengetahuan

dan keluasan wawasan serta intensitas diskusi ilmiah yang berkembang di UIN Mataram. Paling tidak ada lima kategori di dalam penerbitan buku tahun ini, yaitu:

Pertama kategori interdisipliner dan multidisipliner yaitu menjelaskan integrasi topik keislaman dalam kerangka perspektif disiplin ilmu yang lain. Topik-topik tersebut misalnya tentang Pemamahaman Hadits dengan Menggunakan Perspektif Gender, Reformasi Waris Sebagai Solusi Menjaga Hak-Hak Perempuan, serta Ilmu Falak dan titik temunya dengan Astronomi.

Kedua, buku-buku yang membahas aspek pendidikan yang didekati melalui berbagai perspektif, baik normatif seperti yang tampak pada buku Hadits-hadits tentang Pendidikan maupun yang empiris, misalnya Perencanaan Pembelajaran Keunggulan Lokal di Madrasah dan Dinamika Pondok Pesantren di Pulau Seribu Masjid.

Ketiga, buku-buku yang khusus membahas tentang topik yang terkait dengan science dan keuangan yang notabene dianggap sebagai disiplin pengetahuan umum, seperti Desain Pembelajaran Kimia "Chemo Entrepreneurship (CEP)" juga Asset dan Liability Management . Topik-topik seperti ini, menariknya ,ditulis oleh dosen UIN Mataram yang memiliki basis keilmuan agama yang mumpuni. Oleh karenanya pasti menawarkan informasi dan racikan pengetahuan yang berbeda.

Keempat, buku-buku yang memunculkan ethnoscience, di mana kearifan lokal menjadi sumber pengetahuan misalnya buku yang berjudul Mengamati Bintang Rowot Sasak Perspektif Astronomi dan Kearifan Lokal Konservasi Laut Sekotong Barat Lombok Barat.

Kelima, buku yang merupakan terjemahan dari karya ulama terdahulu dan dipandang penting untuk dialihbahasakan

agar akses terhadap keimuan ini lebih meluas lagi. Misalnya, Terjemah dan Kajian Kitab Falak Matan Taqribul Maqshod Karya Muhammad Mukhtar bin Al Jawi.

Sebagai hasil dari kajian akademik, karya- karya di atas memberikan kontribusi bagi pengembangan keilmuan dan bersifat terbuka untuk menjadi topik diskusi selanjutnya. Bisa jadi diskusi yang diinspirasi oleh buku-buku ini menghasilkan kajian yang berbeda sehingga perlu ditinjau kembali apa yang sudah ditulis tersebut. Besar kemungkinan juga, diskusi selanjutnya akan memperkuat argumen, temuan, dan informasi yang ada di buku.-buku tersebut. Demikianlah proses alamiah dari sebuah ijtihad ilmiah yang wajar terjadi dalam rangka terus menghidupkan dahaga pencarian dan penemuan keilmuan komunitas pendidik dan terdidik. Oleh karena itu, buku-buku hasil karya para dosen UIN Mataram ini sangat terbuka untuk menerima *feedback* positif maupun kritikan yang membangun demi terus memasuki pintu ijtihad yang memang selalu terbuka.

Atas nama ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Islam negeri (UIN) Mataram, saya menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada semua dosen yang telah menghasilkan karya-karya yang layak terbit pada tahun 2021 ini. Demikian pula kepada seluruh reviewer, editor, lay-outer, dan proof-reader yang telah bekerja keras mendukung para penulis menghasilkan buku yang berkualitas baik dari substansi isi, keterbacaan, maupun tampilan fisiknya. Seluruh panitia yang juga bekerja memastikan administrasi dan proses penerbitan buku ini juga harus mendapatkan apresiasi. Terutama seluruh jajaran pimpinan UIN Mataram yang mendukung penuh kerja-kerja akademik seperti ini, saya menyampaikan ucapan terima kasih.

Akhirnya, harapan utama adalah semoga buku-buku ini terdistribusi meluas dan bermanfaat sebesar-besarnya untuk umat.

Ketua LP2M UIN Mataram

Prof. Atun Wardatun, M.Ag. M.A. Ph.D

PENGANTAR PENULIS

Alhamdulillah Segala puja-puji hanya milik Allah *Subhanahu Wata'ala* atas segala karunia dan kesempatan mengembangkan potensi diri dan keilmuan, sehingga Buku Referensi: **Ilmu Falak_Astronomi** [**Teori & Aplikasi Dasar**] ini dapat diselesaikan dengan baik. Kemudian *Shalawat_Salam* semoga senantiasa tercurah keharibaan junjungan alam, Nabi Muhammad *Sallallahu 'Alaihi Wasallam* atas *Syafa'at*-nya.

Ide penulisan buku ini berawal dari keinginan penyusun untuk menyediakan salah satu alternatif buku referensi sebagai rujukan dalam pembelajaran mata kuliah Ilmu Falak-Astronomi [Teori & Aplikasi Dasar] di Program Studi Ilmu Falak Fakultas Syari'ah UIN Mataram. Materi buku ini memiliki signifikasi untuk mengetahui teori-teori dasar ilmu falak, sehingga mempermudah dalam proses pembelajaran dengan menggunakan metode praktis dan aplikatif.

Buku ini, awalnya berupa kumpulan teori pembelajaran, literatur perkuliahan dan bimbingan guru Ilmu Falak pada berbagai kegiatan praktek di lapangan. Buku ini, secara garis besar membahas tentang perhitungan arah kiblat, waktu shalat, dan awal bulan yang dilengkapi dengan cara penggunaann kalkulator, sehingga mempermudah dalam belajar, dan juga dibahas dalam dari sisi fiqh dan astronomi secara praktis. Dengan harapan, semoga mahasiswa dan masyarakat peminat kajian ilmu falak_astronomi mudah untuk mengaplikasikan, baik

dalam melakukan pengukuran arah Kiblat, perhitungan awal waktu salat, maupun dalam penetuan awal bulan Qamariah.

Proses penyelesaian ini tidak terlepas dari berbagai pihak yang telah banyak membantu. Oleh karena itu, penyusun ingin mengucapkan terima kasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam proses terbitnya buku referensi ilmu Falak ini.

Ucapan terimakasih pertama kepada Kedua Orang Tua kami, Istri-Anak-anak kami, Pimpinan Universitas Islam Negeri Mataram, Kepala LP2M, para dosen IFASTRO, Sahabat eL-FASTRO, kolega dosen Trio Master Falak Semarang; Ahmad Fadholi, Rifa Jamaluddin, Hudhi, Mahasiswa/i Ilmu Falak Astronomi, dan para pegiat_peminat Ilmu Falak_Astronomi.

Akhirnya kepada Allah *Subbhanallahu Wata'ala*, penyusun memohon semoga semua mendapat balasan yang mulia dan pahala yang berlipat ganda di sisi-Nya.Terakhir, penyusun berharap semoga buku referensi ini dapat bermanfaat dan menjadi kontribusi bagi khazanah keilmuan, serta menjadi amal shalih di sisi Allah Ta'ala. *AmiinYa Rabbal Alamiin*. Semoga.

"Membaca langit dibaca bumi
Melangitkan zikir membumikan pikir
Iqra' bi harfin karrir bi alfin"

Mataram, 14 September 2020
Penyusun,

Muhammad Harfin Zuhdi
Ahmad Saifulhaq AlMuhtadi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....**V**
PENGANTAR PENULIS.....**IX**
DAFTAR ISI.....**XI**

BAB 1 **FALSAFAH ILMU FALAK**.....**1**
BAB 2 **SEJARAH ILMU FALAK**.....**21**
BAB 3 **PENGENALAN SCIENTIFIC CALCULATOR**.....**35**
BAB 4 **HISAB ARAH KIBLAT**.....**47**
BAB 5 **HISAB AWAL WAKTU SALAT**.....**85**
BAB 6 **KALENDER SYAMSIAH**.....**125**
BAB 7 **KALENDER KAMARIAH**.....**141**
BAB 8 **KONVERSI TAHUN**.....**159**
BAB 9 **MATAHARI, BUMI DAN BULAN**.....**167**
BAB 10 **HISAB AWAL BULAN KAMARIAH**.....**193**
BAB 11 **MENENTUKAN ARAH KIBLAT DENGAN THEODOLITE**.....**233**
BAB 12 **ISTIWAAINI "SLAMET HAMBALI"**.....**247**
BAB 13 **DAFTAR DEKLINASI MATAHARI DAN EQUATION OF TIME**.....**265**
DAFTAR PUSTAKA.....**273**

BAB 1

FALSAFAH ILMU FALAK

Sejatinya, terma filsafat dan ilmu adalah dua entitas yang saling berkaitan, baik secara substansial maupun historiscal. Hal ini disebabkan, karena kelahiran ilmu tidak terlepas dari peranan filsafat, dan pada saat yang sama perkembangan ilmu pengetahuan memperkuat eksisitensi filsafat itu. Filsafat dan ilmu timbul dan berkembang karena akal budi, thauma, dan aporia. Pada perkembangannya, ilmu terbagi menjadi beberapa disiplin ilmu, dimana setiap disiplin ilmu membutuhkan pendekatan, sifat, objek, tujuan, dan ukuran yang berbeda-beda antara disiplin ilmu yang satu dengan yang lainnya.

Pembahasan filsafat ilmu sangat signifikan, karena akan mendorong manusia untuk lebih kreatif dan inovatif. Filsafat ilmu juga memberikan spirit bagi perkembangan dan kemajuan sebuah dimensi ilmu, sekaligus nilai-nilai moral yang terkandung pada setiap ilmu, baik pada tataran ontologi,

epistemologi maupun aksiologi. Dengan sudut pandang filsafat ilmu inilah, berbagai ilmu, termasuk Ilmu Falak, akan lebih mudah diketahui secara sistematis ilmiah. Oleh karena itu, dari sini, penulis mengajak para pembaca untuk membahas dan menelaah; bagaimana Ilmu Falak ditinjau dari segi dimensi filsafat ilmu tersebut.

Pembahasan seputar filsafat ilmu ini juga bertujuan menyegarkan kembali ide dan pemikiran tentang ilmu pengetahuan, khususnya bidang Ilmu Falak_Astronomi. Proses penyegaran kembali ini perlu terus dilakukan, karena posisi Ilmu Falak sebagai bidang ilmu yang diakui dan selalu relevan dengan dinamika perkembangan ilmu pengartahuan, sains, dan teknologi.

A. Filosofis Ilmu Falak

1. Apresiasi Teori

Apabila dilihat secara zahir, penulis pribadi belum menemukan sebuah tulisan yang membahas tentang Filsafat Ilmu Falak, atau ilmu Falak ditinjau dari segi filsafat ilmu. Akan tetapi, apabila dilihat lagi dengan lebih seksama, mungkin secara substantif, pembahasannya telah banyak disinggung melalui berbagai tulisan. Bahkan sudah tercantum pada setiap buku Filsafat Ilmu itu sendiri. Hal itu terjadi karena Ilmu Falak memiliki beberapa nama lain, yang di antaranya adalah Astronomi[1] dan Kosmologi[2]. Dan kedua nama lain ini

1 Astronomi secara etimologis berasal dari bahasa Yunani yaitu "*astro*" dan "*nomos*". Astro artinya bintang dan nomos artinya hukum. Sehingga Astronomi ialah ilmu yang mempelajari benda-benda antariksa secara umum dan hukum-hukum yang berkaitan dengannya. Secara terminologis mempunyai arti pengetahuan yang mempelajari benda-benda langit seperti Matahari, Bulan, Bintang-Bintang, dan benda-benda lagit lainnya dengna tujuan untuk mengetahui posisi, lintasan, struktur dari benda-benda langit itu serta kedudukannyya dari benda-benda langit yang lain (Departemen Agama RI, 1981: 245-246).

2 Kosmologi berasal dari kata Yunani "*kosmos*" dan "*logos*". "*Kosmos*" berarti susunan, atau ketersusunan yang baik. Lawannya ialah "*khaos*", yang berarti "kacau balau". Sedangkan "*logos*" juga berarti "keteraturan", sekalipun dalam "*kosmologi*" lebih tepat diartikan sebagai

selalu disinggung dalam berbagai buku filsafat ilmu ketika menjelaskan pembagian sains[3], bahkan Kosmologi telah dianggap sebagai salah satu cabang dari filsafat[4]. Akan tetapi, meskipun Astronomi atau Kosmologi dinyakan nama lain dari Ilmu Falak, namun keduanya tidak lantas dikatakan identik atau sama. Keduanya bisa saja hal yang berbeda. Bahkan, jika dilihat dari ruang lingkup Ilmu Falak yang diajarkan di Perguruan Tinggi Agama Islam (PTAI/PTAIN), maka keduanya memiliki sebuah dimensi yang berbeda.[5]

Sesungguhnya keberadaan Ilmu Falak merupakan salah satu pemikiran Islam yang sangat penting. Ilmu ini juga menjadi salah satu kajian yang tidak terpisahkan di dunia Islam. Bahkan,

---

"azas-azas rasional". (Bakker, 1986: 39).

3 Bisa dilihat diberbagai buku filsafat ilmu, diantaranya buku ''Filsafat Ilmu'' yang ditulis oleh Ahmad Tafsir (2004). Penamaan ini lain ilmu falak adalah astronomi juga disebutkan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia.

4 Dalam sejarah filsafat Barat, tercatat Phytagoras (580 – 500 SM) merupakan orang yang pertama kali memakai istilah "*kosmos*" sebagai terminologi filsafat. Bahkan dalam tradisi Aristotelian, penyelidikan tentang keteraturan alam disebut sebagai "fisika" (bukan dalam pengertian modern), dan filsafat Skolastik memakai nama "filsafat alami" (*philosophia naturalis*) untuk menyebut hal yang sama. Istilah "kosmologi" (*cosmology*) dipakai pertama kali oleh Christian Von Wolff dalam bukunya "*Discursus Praeliminaris de Philosophia in Genere*" tahun 1728, dengan menempatkannya dalam skema pengetahuan filsafat sebagai cabang dari "metafisika" dan dibedakan dengan cabang-cabang metafisika yang lain seperti "ontologi", "teologi metafisik", maupun "psikologi metafisik". Dengan demikian, sejak "klasifikasi Christian", "kosmologi" dimengerti sebagai sebuah cabang filsafat yang membicarakan asal mula dan susunan alam semesta; dan dibedakan dengan "ontologi" atau "metafisika umum" yang merupakan suatu telaah tentang watak-watak umum dari realitas natural dan supernatural; juga dibedakan dengan "filsafat alam" (*The philosophy of nature*) yang menyelidiki hukum-hukum dasar, proses dan klasifikasi objek-objek dalam alam. Namun demikian, walau secara definitif "kosmologi" dibedakan dengan "ontologi" maupun "filsafat alam", pemilahan yang tegas dalam analisis konseptual antara ketiga bidang tersebut merupakan suatu usaha yang sulit dikerjakan, mengingat objek material dan objek formal yang hampir sama (Bakker, 1986: 40).

5 Perbedaan ini, bisa dilihat dari kurikulum, pembahasan, bahkan visi serta misi pembelajaraannya. Di PTAI/PTAIN. Ilmu falak lebih sebagai ilmu bantu sebagai kesempurnaan syariat. Hal ini bisa dilihat dengan posisinya yang kebanyakan hanya diajarkan di Fakultas Syariah, sehingga semua pembahasannya hanya berkutat dan berhubungan dengan pelakanaan ibadah. Ini memunculkan dimensi Ilmu Falak yang masih berkutat hanya pada pembahasan Arah Kiblat, Waktu Salat, Awal Bulan, serta gerhana. Sedangkan Ilmu Astronomi yang diajarkan di PT/PTN masih diposisikan sebagai sains murni dan menjadi sebuah ilmu yang berdiri sendiri; seperti yang terdapat di Institut Teknologi Bandung.

eksistensinya semakin terasa pada abad pertengahan, dimana banyak lahir ulama (ahli), seperti Jabir bin Hayyan, al-Fazari, Ibnu Yunis, al-Biruni, dan masih banyak lagi.

Bagi Islam, arti penting Ilmu Falak telah disadari sejak zaman Rasulullah Saw., sedangkan pembahasannya telah tertuang jelas di dalam *al-Qur'an al-Karim* dan *al-Hadis al-Syarif*.

Secara historis, keterkaitan Ilmu Falak dengan agama, termasuk Islam memerankan peranan yang sangat urgen bagi keberadaannya. Hal ini karena kemunculannya sebagai sebuah ilmu sejalan dengan kebutuhan manusia terhadap ilmu itu. Kemunculan Ilmu Falak sesuai dengan faktor pendorong timbulnya filsafat dan ilmu sendiri, terutama pada aspek thauma (kekaguman). Pada dasarnya manusia merupakan makhluk yang memiliki rasa kagum pada apa yang diciptakan oleh Sang Pencipta, termasuk kekaguman pada Matahari, Bumi, dirinya sendiri, dan seterusnya. Lalu kekaguman tersebut mendorong manusia untuk berusaha mengetahui kebenaran alam semesta itu dan bagaimana asal usulnya? (masalah Kosmologis).

Di sisi lain, secara definisi, Ilmu Falak merupakan perpaduan dua kata dari asal kata "Ilmu" dan "Falak". Dua kata ini merupakan serapan kata yang berasal dari bahasa Arab. Ilmu berasal dari kata *ilm* (علم) yang merupakan derifatif dari '*alim-ya'lam-'alim wa'ilm* (علم–يعلم–علم) yang mempunyai makna pengetahuan (mengetahui). Kata *ilm* juga bisa mempunyai makna mengerti, memahami benar-benar, dan merasakan.[6]

---

6 Warson Munawwir, *Kamus Al-Munawwir*, (2006: 965). Kamus Lisan al-Arab menjelaskan bahwa kata "*Ilm*" pada dasarnya merupakan sifat Allah swt. (Mandzur, tt: 3028). Hal ini dkarenakan semua pengetahuan dan semua yang diketahui mahluk di alam semesta ini berasal dari Sang Pencipta (sebagaimana cerita nabi Adam di atas). Dalam kamus al-Maurid dijelaskan bahwa kata *ilm* mempunyai arti mengetahui (*to know*), pengetahuan (*have knowledge*), mengenal (*acquainted with*). Makna lainnya adalah *to be or become aware of, cognizant of, familiar with, informed of or about, to learn (about), come to know (about), find out (abaout), hear (of), get wind (of), to perceive, discern*. (Baalbaki, 1995: 775). Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, kata Ilmu mempunyai arti pengetahuan dan suatu bidang yang disusun secara sistematis menurut

Kata "Falak", berasal dari "*al-Falak*" yang merupakan isim dari kata *falak* (فلك) yang merupakan derivatif kata *falaka* – *yafluku* – *falakun* (فلك – يفلك – فلك) yang mempunyai arti "bulat". Sedangkan kata *falak* (الفلك) merupakan sinonim dari madar (المدار) yang berarti orbit, garis, atau tempat perjalanan benda langit (Warson Munawwir, 2006 :1072).

Ibnu Mandzur menerangkan bahwa kata "Falak" mempunyai arti "*madr al-nujum*" (مدار النجوم), yaitu lintasan bintang, dengan bentuk plural (jamak) "*aflak*" (أفلاك).[7] Sedangkan di Kamus Bahasa Indonesia, kata ini diartikan dengan makna lengkung langit, lingkaran langit, dan cakrawala.[8] Kata ini diungkapkan oleh al-Qur'an sebanyak dua kali, yaitu pada surat al-Anbiya' ayat 33 dan surat Yasin ayat 40, dengan arti sebagai garis edar atau orbit.

---

metode-metode tertentu yang dapat dipergunakan untuk menerangkan gejala-gejala tertentu dalam bidang (pengetahuan) itu. (Tim Redaksi Kamus Bahasa Indonesia, 2008: 544).

Nama lain ilmu adalah *knowledge* (bahasa Inggris) atau *logos* (bahasa Yunani). Kata yang terakhir ini (*logos*) dalam penggunaannya berposisi sama seperti Ilmu dalam bahasa Indonesia dan Arab, yaitu menjadi sebuah kata yang selalu disandingkan dengan term tertentu untuk mengenalkan jenis pengetahuan tertentu. Seperti Biologi yang berasal dari kata *bio* dan logos, begitu juga Astrology, Sociology, dan lain sebagainya. Ini dikarenakan kebanyakan term pengetahuan dan pembagiannya banyak dihasilkan pada zaman kejayaan bangsa Yunani kuno dan bangsa Arab. Adapun dalam bahasa Inggris posisi ini biasanya memakai *science*, seperti *Social Science*. Perlu diketahui bahwa pada dasarnya tidak ada jawaban yang tepat dari pertanyaan apa yang dimaksud dengan *scientific approach*. Salah satu pengertian tentang ilmu adalah *"Science is a personal and social human endeavor in which ideas and empirical evidence are logically applied to create and evaluate knowledge about reality"*. Selanjutnya, yang dimaksud dengan *"empirical evidence"* dalam pengertian di atas adalah sesuatu yang diturunkan dari kegiatan observasi suatu masalah secara sistematis melalui penalaran yang sering menggunakan alat bantu teknologi. kegiatan ilmu sendiri adalah suatu proses berpikir untuk memperoleh pengetahuan. Pengetahuan seseorang terhadap suatu obyek yang diamati belum tentu sama dengan pengetahuan yang diperoleh orang lain yang mengamati obyek yang sama apabila dilakukan pancaindra manusia pada skala observasi atau dalam medium yang berbeda melalui perspektif yang berbeda. Sebuah pohon kelapa tampak sangat tinggi jika diamati pada jarak dekat dan tampak pendek jika diamati pada kejauhan atau sebuah tongkat lurus akan tampak melengkung jika berada di dalam air, adalah sekedar contoh sederhana.

7 Ia menjelaskan lebih lanjut bahwa kata falak oleh sebagian bangsa Arab juga diartikan al-mauju (الموج) yaitu gelombang atau ombak (lihat: Ibnu Mandzur, *Lisan al-Arab*, 3464.. Selain orbit, Rohi Baalbaki mengartikannya dengan sirkuit atau lintasan (*circuit*) dan *epicycle* (episeklis). (Baalbaki. hlm, 834).

8 Tim Redaksi Kamus Bahasa Indonesia, *Kamus Bahasa Indonesia*, Jakarta: Pusat BahasaDepartemen Pendidikan Nasional., 2008. hlm, 403

Jika ditinjau dari kajian terminologis, maka terdapat beberapa definisi tentang Ilmu Falak. Di antaranya yaitu; dalam kamus Besar Bahasa Indonesia, "Ilmu Falak adalah ilmu pengetahuan mengenai keadaan Bintang-bintang, baik dari hal peredarannya, penghitungan-nya, dan sebagainya".[9] Menurut Ensiklopedi Islam, "Ilmu Falak adalah suatu ilmu yang mempelajari benda-benda langit, Matahari, Bulan, Bintang, dan Planet-planetnya".[10]

Sedangkan di Ensiklopedi Hukum Islam, "Ilmu Falak adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari benda-benda langit, tentang fisiknya, geraknya, ukurannya, dan segala sesuatu yang berhubungan dengannya."[11] Dan di dalam Ensiklopedi Hisab rukyah, "Ilmu Falak adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari lintasan benda-benda langit, seperti Matahari, Bulan, Bintang-bintang dan benda-benda langit lainnya, dengan tujuan untuk mengetahui posisi dari beenda-benda langit itu, serta kedudukannya dari benda-benda langit lainnya."[12] Sedangkan di dalam al-Munjid (1975: 594) disebutkan bahwa Ilmu Falak adalah:

علم يبحث عن احوال الاجرام العلوية

"Ilmu yang mempelajari tentang keadaan benda-benda langit."[13]

Menurut kementrian Agama dalam Almanak Hisab Rukyat, "Ilmu Falak adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari lintasan benda-benda langit, seperti Matahari, Bulan, bintang-bintang, dan benda-benda langit lainnya, dengan tujuan

9 Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, cet.3, Jakarta: Balai Pustaka, 1989. hlm, 239.

10 Dasuki, Hafidz, dkk, *Ensiklopedi Islam* Jilid I, Jakarta: Ichtiar Baru van Hoeve, 1994. hlm, 330.

11 *Ibid*, hlm. 304

12 Azhari, Susiknan, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008. hlm, 66.

13 Loewis Ma'luf, *al-Munjid*. cet. 25, Beirut: Dar al-Masyriq, 1975. hlm, 594.

untuk mengetahui posisi dari benda-benda langit itu, serta kedudukannya dari benda-benda langit yang lain."[14]

Berdasarkan berbagai definisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa Ilmu Falak adalah bidang ilmu yang bersifat integratif yang mempelajari hal-ihwal tentang benda-benda di alam semesta, termasuk planet Bumi, baik yang berhubungan dengan manusia ataupun tidak. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa aspek pembahasan yang sangat luas inilah yang menjadi ciri pembeda bidang Ilmu Falak dengan bidang ilmu lainnya. Oleh karena itu, maka tidaklah sukar untuk menjelaskan makna filosofis Ilmu Falak yang pada prinsipnya menunjukkan keterkaitan dan pendekatan bidang kajian Ilmu Falak dengan bidang kajian ilmu-ilmu lainnya. Semua keadaan yang berlangsung di alam semesta, baik ditelaah melalui perspektif keruangan, fisik, waktu, agama, atau yang lainnya merupakan pembentuk bidang kajian Ilmu Falak. Dan melalui proses yang sama, maka lahir pula bidang kajian ilmu lainya, seperti Astronomi, Kosmologi, dan masih banyak lagi.

Adapun dengan adanya interkoneksi berbagai bidang ilmu dengan bidang Ilmu Falak ini, maka dapat dikatakan bahwa fenomena Ilmu Falak sangat ditentukan oleh kemampuan ahli falak untuk memperoleh informasi perkembangan pada bidang ilmu lainnya. Hal itu karena hasil riset bidang ilmu lain akan dapat memperkaya (*proliferate*) cakupan penelitian Ilmu Falak. Demikian pula, hasil riset ahli falak tentang topik tertentu (secara terbatas) juga dapat memicu perkembangan bidang ilmu lainnya. Pada konteks ini, maka akan terbuka ruang terbentuknya gejala divergensi bidang ilmu (termasuk Ilmu Falak) dalam berbagai cabang ilmu yang bersifat lebih spesifik (spesialisasi). Bahkan, spesialisasi di bidang Ilmu Falak sangatlah mudah jika dilihat dari kajiannya yang super luas.

---

14 Depertemen Agama,, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam, 1981. hlm, 245

2. Falsafah Ilmu

Pada dasarnya, dalam perspektif keilmuan, semua ilmu memiliki kesamaan filosofi yang disebut metode keilmuan. Dan masing-masing ilmu memiliki cara yang sama untuk mencari pengetahuan, yang antara lain melalui kerangka berpikir rasionalisme dan empirisme[15]. Cara berpikir ini adalah sebagaimana yang telah digunakan oleh Galileo, Newton,[16] dan para ilmuan muslim abad pertengahan yang telah ada pada era sebelumnya.

Para ahli filsafat ilmu menyatakan bahwa kebenaran secara keilmuan itu bersifat tidak mutlak. Sifat tidak mutlak tersebut terjadi apabila kebenaran keilmuan dihadapkan pada kebenaran menurut agama, kebenaran menurut seni atau kebenaran menurut filosofinya. Misalnya, kebenaran teknologi kloning sampai saat ini tidak diakui sebagai kebenaran menurut agama. Lukisan wanita telanjang sebagai kebenaran seni pada umumnya tidak dapat dibenarkan oleh agama, atau dibuktikan secara keilmuan. Hal itu juga bisa saja terjadi dinamika keilmuan Falak, terlebih jika kaitannya dengan ibadah.

Mengingat tidak ada kebenaran yang bersifat mutlak, maka dapat diduga bahwa dari tulisan ini akan muncul banyak pendapat atau pandangan yang berbeda. Oleh karena itu, untuk mengurangi perbedaan pendapat, maka penulis membatasi pengertian filsafat menurut Socrates (470-399 SM) sebagai berikut: "Filsafat diartikan sebagai suatu cara

---

15 Secara ringkas dijelaskan bahwa rasionalisme adalah kerangka pemikiran yang koheren dan logis, sedang empirisme adalah kerangka pengujian dalam memastikan suatu kebenaran pengetahuan sah secara keilmuan. Montello berpendapat bahwa secara filosofis, makna empirisme tidak selalu berupa pengalaman manusia sejak lahir. Empirisme ilmu berusaha untuk dapat diulang, dapat diakumulasikan dan secara umum dapat diobservasi. Ilmu menganut prinsip prinsip logika formal dan informal dan paling tidak mengikuti prinsip ; (1) harus menghindari kontradiksi, (2) semakin tinggi tingkat keyakinan terhadap suatu gejala seiring semakin tingginya observasi yang dilakukan, (3) pola keteraturan suatu kejadian pada masa lalu memiliki peluang terjadi pada masa yang akan datang.

16 Suriasumantri, Jujun, *Filsafat Ilmu*, Jakarta: Pustaka Sinar Harapan, 1998. hlm, 28.

berpikir yang radikal dan menyeluruh yang mengupas sesuatu sedalam-dalamnya." Adapun radikal, menyeluruh, dan sedalam–dalamnya mengandung makna membutuhkan waktu yang panjang untuk memperoleh suatu pengetahuan yang menyeluruh dan mendalam.[17] (Suriasumantri, 1998: 4).

Selanjutnya dikatakan bahwa ilmu merupakan kumpulan pengetahuan yang mempunyai ciri tertentu. Bidang ilmu yang satu dapat dibedakan dari bidang ilmu lainnya didasarkan pada jawaban atas tiga pertanyaan pokok sebagai ciri ilmu yaitu; dasar ontologi ilmu, dasar epistemologi ilmu, dan dasar aksiologi ilmu.

Adapun apa yang ingin diketahui atau apa yang menjadi bidang telaah ilmu merupakan pertanyaan dasar ontologi. Lalu bagaimana pengetahuan tersebut diperoleh adalah dasar pertanyaan epistemologi (teori pengetahuan). Sedangkan apa kegunaan ilmu adalah pertanyaan dari segi aksiologinya (teori tentang nilai).[18] Jawaban dari ketiga pertanyaan dasar tersebut merupakan rangkaian yang tidak dapat dipisahkan satu dengan lainnya.

B. Filsafat Ilmu Falak

1. Kajian Ilmu Falak: Tinjauan Ontologis

Menelusuri ontologi[19] suatu ilmu berarti kita sedang membahas sebuah proses penelusuran persoalan wilayah dan

---

17 *Ibid*. hlm, 4.

18 Tidak jarang dijumpai keadaan di mana suatu penelitian belum menjelaskan kegunaan hasil penelitian sebagai jawaban pertanyaan dasar yang ke tiga, walaupun masalah (apa yang ingin diketahui) dan metodenya (bagaimana cara` memperoleh pengetahuan) dituliskan secara jelas. Pengetahuan yang diperoleh dari kegiatan penelitian seyogyanya merupakan pengetahuan yang mendalam dan dapat dibuktikan memenuhi kaidah keilmuan (dikatakan sah secara keilmuan).

19 Ontologi berasal dari bahasa Yunani yaitu: *On/Ontos* = ada, dan *Logos* = ilmu. Jadi, ontologi adalah ilmu tentang yang ada. Ontologi membahas tentang apa yang ingin kita ketahui, seberapa jauh kita ingin tahu, atau, dengan kata lain suatu pengkajian mengenai teori tentang "ada". Telaah ontologis akan menjawab pertanyaan-pertanyaan: 1). apakah obyek ilmu

batasan kajian suatu ilmu, yaitu apa bidang kajian ilmu itu? Dan untuk mengetahui seberapa luas wilayah dan mana saja yang menjadi kajian Ilmu Falak, maka kita dapat melihat dari definisinya.

Sebagaimana berbagai definisi yang telah dijelaskan sebelumnya, maka wilayah kajian Ilmu Falak adalah keadaan benda langit, dengan objek kajiannya adalah seluruh benda yang ada di alam semesta ini. Walaupun fakta dilapangan, ada pula yang mempersempit kajian wilayah Ilmu Falak ini dengan hanya membahas sebatas Bumi, Bulan, Matahari, dan benda langit lainnya yang terkait dengan ibadah tertentu bagi agama Islam. Sehingga, objek kajiannya menyempit dan hanya

yang akan ditelaah, 2). Bagaimana wujud yang hakiki dari obyek tersebut, dan 3). Bagaimana hubungan antara obyek tadi dengan daya tangkap manusia (seperti berpikir, merasa, dan mengindera) yang membuahkan pengetahuan.

membahas tentang Arah Kiblat[20], Waktu Salat[21], Awal Bulan[22], dan Gerhana[23] (baik Gerhana Matahari maupun Bulan)[24].

Dengan wilayah kajian utama yang sangat luas, Ilmu Falak ini memiliki beberapa pengembangan dan nama lain. Bahkan, Astronomi dan Kosmologi[25] sebagai nama lain Ilmu Falak mempunyai beberapa pengembangan ilmu lainnya,

---

20 Kata kiblat berasal dari bahasa Arab, yaitu *qiblah*, salah satu bentuk *masdar* (derivasi) dari *fiil madli qabala* yang bermakna ''menghadap''. Arah Kiblat secara istilah yaitu arah terdekat menuju Ka'bah (Ka'bah di Masjidil Haram Makah). Proses menghadap kiblat ini merupakan salah satu ketentuan yang ditaklifkan kepada umat Islam. Sebagaimana firman Allah dalam surat *al-Baqarah* ayat 144 tentang perintah menghadap kiblat. Dimensi Ibadah dari pengetahuan tentang arah kiblat ini, diantaranya; Salat, Pembangunan masjid, mushola, surau, dan mushola, Pembuatan liang lahat agar si mayit dapat menghadap kiblat secara sempurna, Pembuatan kamar kecil (WC, toilet), karena ajaran Islam melarang buang air (kecil dan besar) dengan menghadap atau membelakangi kiblat, dan lain sebagainya.

21 Waktu Salat ialah waktu tertentu dimana seorang muslim dapat mengerjakan salat. Dimensi ibadah dari pengetahuan tentang waktu salat diantaranya; mengetahui waktu awal dan akhir salat maktubah, mengetahui waktu terbit matahari, mengetahui waktu terbenamnya Matahari, mengetahui masuknya waktu Dhuha, mengetahui waktu salat Tahajud, mengetahui waktu pembagian waktu *afdhol*, *Jaiz*, *makruh* dan *tahrim* dalam salat., mengetahui waktu Imsak, dll.

22 Pembahasan awal bulan di sini, tidak hanya terbatas pada penanggalan hijriah, lebih dari itu dalam aplikasinya semua sistem penanggalan baik *lunar sistem*, *solar sistem* amupun *luni-solar sitem* dibahas. Walaupun demikian, titik berat pembahasannya pada kalender hijriah. Adapun dimensi ibadah yang ada di dalamnya diantaranya; mengetahui permulaan puasa Ramadhan, mengetahui akhir bulan Puasa Ramadhan, mengetahui Hari Raya Idhul Fitri, mengetahui Puasa *Yaumul Bidh* pada setiap bulan, pengetahui pelaksanaan bulan Haji dan pelaksanaan nya yang membutuhkan kepastian waktu seperti wukuf, mengetahui hari raya Idhul Adha, mengetahui Waktu zakat fitrah, *haul* dalam zakat mal (yang dihitung memakai kalender hijriyah), dsb.

23 Pada gerhana ini, terdapat dimensi Ibadah berupa salat gerhana *khusuf* dan *kusuf*.

24 Penyempitan ini terjadi pada kajian-kajian Ilmu Falak di lembaga Pendidikan yang beridentitaskan dengan nama Islam, seperti; Pondok Pesantren, Madrasah Tsanawiyah dan Madrasah Aliyah, *M'ahad Aly*, hingga Perguruan Tinggi baik Swasta maupun Negeri.

25 Kosmologi yaitu cabang astrologi yang menyelidiki asal usul struktur dan hubungan ruang waktu dari alam semesta.

seperti Kosmogoni[26], Astrologi[27], Kosmografi[28], Astrometrik[29] Astromekanik[30], dan Astrofisika[31].

Pada literatur dunia muslim, Ilmu Falak disebut pula dengan Ilmu Hisab[32], *Ilm al-Rashd*[33] atau *Ilm Miqat*[34]. Dari pengertian dan pembahasan tersebut, jelas sekali bahwa ontologi (obyek kajian) Ilmu Falak adalah "hal-ihwal benda langit". Dalam persepektif filsafat ilmu, Falak yang *nota-bene*-nya termasuk katagori ilmu sains kealaman, harus mempunyai obyek kajian yang berada

---

26 Kosmogoni yaitu ilmu yang membahas teori tentang asal usul benda-benda langit dan alam semesta (Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan Dan Pengembangan Bahasa, 2008. hlm, 527)

27 Astrologi yaitu ilmu yang mengaitkan posisi dan kedudukan benda langit dengan nasib serta hal ihwal kehidupan manusia (Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan Dan Pengembangan Bahasa).

28 Kosmografi yaitu pengetahuan tentang seluruh susunan alam, pemerian/ penggambaran umum tentang jagat raya termasuk Bumi (Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan Dan Pengembangan Bahasa, 2008. hlm, 528).

29 Astrometrik yaitu cabang astronomi yang kegiatannya melakukan pengukuran terhadap benda-benda langit dengan tujuan mengetahui ukuran dan jarak antara satu dengan lainnya (Lihat; Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan Dan Pengembangan Bahasa, 2008. hlm, 221).

30 Astromekanik yaitu cabang astronomi yang mempelajari gerak dan gaya tarik benda-benda langit dengan cara dan hukum mekanik (Lihat; Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan Dan Pengembangan Bahasa, 2008. hlm,221).

31 Astrofisika yaitu bagian astronomi tentang benda-benda angkasa dari sudut ilmu alam dan ilmu kimia. (Tim Penyusun Kamus Pusat Pembinaan Dan Pengembangan Bahasa, 2008. hlm, 62).

32 Dinamakan Ilmu hisab, karena ilmu ini secara bahasa mempunyai arti "perhitungan" (hisab), sedangkan yang dianggap menonjol dari kegiatan ilmu falak setelah abad pertengahan adalah menghitung. Ahmad Izzuddin dalam bukunya Ilmu Falak Praktis, penamaan ilmu ini akan lebih ideal jika disebut dengan Ilmu Hisab Rukyah. Hal ini dikarenakan ilmu falak mempunyai dua pendekatan kerja ilmiah, yaitu pendekatan hisab (perhitungan) serta pendekatan rukyah (observasi). (Izzuddin, 2006. hlm, 1).

33 Diberi penanamaan *ilm al-Rashd* dikarenakan mempunyai arti pengamatan, dan ilu falak sendiri merupakan ilmu yang dilandasi dari sebuah pengamatan. Secara istilah Ilm al-Rashd ialah ilmu dengan pengamatan bintang, mengetahui letak bintang dalam lintasan orbit (falak)-nya, serta jarak dari satu benda langit trhadap benda langit lainnya. (Yahya, 1997. hlm, 56).

34 Dinamakan ilm al-Miqat, disebabkan ilmu ini berhubungan dengan perhitungan tentang waktu-waktu (yang dalam bahas Arab *al-miqat* dengan kata pluralnya adalah *al-mawaqit*), terutama waktu ibadah. Ilm al-miqat juga dikaitkan dengan ilmu tentang tempat. Penggunaan ini sangat wajar jika kita melihat istilah dalam ibadah haji dimana miqat mempunyai dua karakter yaitu *miqat zamani* dan *miqat makani* (Musthafa, tt. hlm, 359). Umat muslim pada abad pertengahan pun menyebut ilmu falak dengan *Ilm al-Miqat*.

dalam batas jangkauan empiric, dan tidak memasuki wilayah di luar itu, misalnya wilayah transendental.

Wilayah empirik sebagai acuan Ilmu Falak, mungkin akan menjadikan dilematis tersendiri bagi kajian Astrologi, karena ilmu ini berada di wilayah transcendental (metafisik). Hal itu karena ilmu astrologi mengaitkan posisi benda langit dengan nasib manusia. Oleh karena itu, sebagai kajian sains, astrologi dalam dimensi kebenarannya masih dianggap sebagai *Pseudosains*, dimana merupakan sebuah pengetahuan yang diyakini dan diklaim ilmiah, namun tidak mengikuti metode ilmiah.

Sedangkan berkaitan dengan *nash* (teks Qur'an dan Hadis), maka Ilmu Falak hanya sebagai alat bantu manusia untuk mengetahui kehendak *nash*, sesuai dengan batas metodenya. Dalam memahami *nash*, maka sebagaimana ilmu pembantu lainnya, ilmu Falak digunakan sebagai sarana manusia untuk bisa menangkap kehendak Tuhan yang berasal dari wilayah transcendental. Dalam hal ini, Ilmu Falak digunakan untuk kajian yang berhubungan dengan Ibadah, seperti; arah kiblat, waktu salat, awal bulan, dan gerhana. Walaupun masuk ke dalam wilayah metafisik, tidak lantas menjadikan Ilmu Falak menjadi bagian dari ilmu yang berada dalam wilayah transendental. Ilmu Falak tetap berada pada wilayah ilmu sains dengan sifatnya yang empirik dan logis.

C. Dimensi Epistemologi Ilmu Falak

1. Epistemologi Sains: Pondasi Ilmu Falak

Adapun karena Ilmu Falak merupakan bagian dari sains, maka kita harus mengetahui dasar dari epistimologi[35]

35 Secara etimologi, epistemologi merupakan kata gabungan yang diangkatdari dua kata dalam bahasa Yunani, yaitu *episteme* dan *logos*. *Episteme* artinya pengetahuan, sedangkan *logos* lazim dipakai untuk menunjukkan adanya pengetahuan sistematik. Dengan demikian epistemologi dapat diartikan sebagai pengetahuan sistematik mengenai pengetahuan.

sains terlebih dahulu. Epistemologi Sains ialah pengetahuan sistematik mengenai pengetahuan. Epistemologi sains merupakan salah satu cabang filsafat yang membahas tentang terjadinya pengetahuan, Asal Mula Pengetahuan, Sumber Pengetahuan, Metode Pengetahuan, serta Validitas dan Kebenaran Pengetahuan. Di sinilah dasar-dasar pengetahuan maupun teori pengetahuan yang diperoleh manusia menjadi bahan pijakan. Konsep-konsep ilmu pengetahuan yang berkembang pesat dewasa ini beserta aspek-aspek praktis yang ditimbulkannya dapat dilacak akarnya pada struktur pengetahuan yang membentuknya.

2. Hakikat Pengetahuan (*the nature of knowledge*)

Dalam dimensi epistemologi, Ilmu Falak bukan bidang ilmu tentang semua hal yang ada dalam kehidupan alam semesta. Walaupun banyak yang berpendapat bahwa Ilmu Falak adalah *mothers of science,* atau ilmu yang bersifat generalis dan sebagai ilmu (sains) tertua[36]. Mungkin dalam dimensinya yang luas ini, dapat diungkapkan pula bahwa "semua hal

---

Epistemologi atau teori pengetahuan ialah cabang filsafat yang berurusan dengan hakekat dan lingkungan pengetahuan, pengandaian-pengandaian, dan dasar-dasarnya serta pertanggungjawaban atas pernyataan mengenai pengetahuan yang dimiliki. Epistemologi adalah pembahasan mengenai metode yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan. Epistemologi membahas pertanyaan- pertanyaan seperti: bagaimana proses yang memungkinkan diperolehnya suatu pengetahuan? Bagaimana prosedurnya? Hal-hal apa yang harus diperhatikan agar kita mendapatkan pengetahuan yang benar? Lalu benar itu sendiri apa? Kriterianya apa saja? Epistemologi merupakan "Teori ilmu pengetahuan (*science*) yang melakukan investigasi mengenai asal-usul, dasar metode, dan batas-batas ilmu pengetahuan Mengapa sesuatu disebut ilmu? Apa saja lintas batas ilmu pengetahuan? Dan, bagaimana prosedur untuk memperoleh pengetahuan yang bersifat ilmiah? Pertanyaan-pertanyaan itu agaknya yang dapat dijawab dari pengertian epistemologi yang sudah disebutkan. Filsafat, tulis Suriasumantri, tertarik pada cara, proses, dan prosedur ilmiah di samping membahas tentang manusia dan pertanyaan-pertanyaan di seputar ada, tentang hidup dan eksistensi manusia

36 Menurut catatan sejarah, penemu ilmu falak, astronomi serta perbintangan adalah Nabi Idris atau *Hermes* atau *Akhnukh* atau *Ozeres* (Ia adalah putra dari Yarid bin Mahlail bin Qinan bin Unusy bin Syis bin Adam AS). Akan tetapi lacakan sejarah Abi al-Fauz Muhammad Amin al-Bagdadi ini, mengemukakan pula bahwa awal penemu ilmu hisab baik bulan dan tahun sudah ada sebelumnya, yaitu ditemukan dan diperkenalkan oleh nenek moyang Nabi Idris sendiri, yang bernama Unusy AS, yang merupakan putra mahkota dari Nabi Syis.

bisa di-ilmu falak-kan, atau dapat ditinjau secara Ilmu Falak, karena objek pembahasannya adalah alam semesta". Kalimat ini sangat sederhana, namun mempunyai implikasi yang sangat luas, terutama bagi para ahli falak (astronom) yang kritis. Oleh karena luasnya kajian Ilmu Falak, maka muncul berbagai usaha untuk membuat spesialisasi dari ilmu ini. Upaya untuk memikirkan spesialisasi di bidang ilmu ini layak untuk diapresiasi. Hanya saja, cabang atau ranting ilmu yang dirumuskan hendaknya memenuhi kaidah-kaidah yang benar, sehingga tidak menyimpang dari pohon ilmunya.

Agar tidak adanya penyimpangan tersebut, maka kita harus mengetahui hakikat dari Ilmu Falak. Dalam persoalan hakikat pengetahuan (*the nature of knowledge*), terdapat dua teori yang menjelaskannya; yakni *realisme* dan *idealisme*. Menurut *realisme*, eksistensi suatu benda terletak dalam halnya sendiri. Sedangkan bagi *idealisme,* hakikat segala hal terletak pada jiwa atau ide.[37] Di satu sisi, *realisme* berpandangan bahwa yang ada hanya dimiliki oleh benda-benda kongkrit dan karenanya ia memandang hakikat pengetahuan sebagai gambaran dari apa yang ada pada alam nyata. Sebagai konsekuensinya, *realisme* melahirkan pandangan *objektivisme* yang percaya bahwa ada hal-hal yang hanya terdapat di dalam dan tentang dirinya sendiri, serta yang hakikatnya tidak terpengaruh orang lain. Sementara di sisi lain, *idealisme* menempatkan jiwa, akal, atau idea manusia dalam posisi yang utama dan sebagai konskuensinya melahirkan pandangan *subjektivisme* yang berpendirian bahwa pengetahuan merupakan proses mental yang bersifat subjektif dan karenanya pengetahuan merupakan gambaran tentang realitas. Jadi, pengetahuan hanyalah gambaran menurut pendapat, atau penglihatan subjek yang mengetahui.

---

37 Kattsof, L.O., *Pengantar Filsafat*, terj. Soejono Soemargono, Yogyakarta: Tiara Wacana, 1989. hlm, 225.

Jika ditelaah dari dua sudut pandang tersebut, Ilmu Falak secara epistemologis, jelas lebih berkecenderungan ke arah corak pemikiran yang mengembangkan *realisme objektivis*. Konsep ini didukung oleh objek ilmu, berupa benda-benda langit yang konkrit dan nyata. Para ahli (astronom) berusaha memahami benda-benda langit dan alam semesta dalam batasannya sebagai benda yang bersifat lahiriah. Walaupun demikian, tidak menutup kemungkinan dalam aplikasinya, ada ruang terbuka untuk memahami benda-benda langit dan alam semesta ini menggunakan teori *idealisme subjektifis*, seperti yang terjadi pada Astrologi, atau sebagian sufi yang berbicara tentang filsafat alam semesta, seperti; Ibnu Arabi dan Sihabuddin Suhrawardi.

3. Sumber Pengetahuan

Poin kedua yang berhubungan dengan kerangka epistemologi adalah menentukan sumber-sumber pengetahuan (*the sources of knowledge*). Berdasarkan pengertian Ilmu Falak di atas, maka sumber pengetahuannya menjadi sangat jelas yaitu:

a. Alam Semesta

Sebagai bagian dari dimensi ilmu kealaman, maka sumber pengetahuan yang sangat penting dari Ilmu Falak adalah alam semesta. Sumber yang angat mudah sekali di jumpai ini dapat diteliti hingga tak terbatas, yang tentunya selama masih ada alam semesta. Maka yang perlu kita perhatikan adalah menjaga kebersihan alam dari berbagai polusi. Sebagai contoh saja, saat ini banyak sekali benda-benda langit yang tidak dapat kita amati, karena adanya polusi udara dan polusi cahaya yang berlebih, sehingga menutup objek pengamatan.

Lalu dalam hubungannya untuk mendapatkan objek kajian berupa benda-benda langit, maka ilmu-ilmu yang berkaitan dengan pengamatan menjadi penting juga dalam

aplikasinya. Ilmu yang terlebih dahulu diketahui oleh ahli falak dan astronom adalah ilmu observasi (pengamatan), termasuk di dalamnya juga ilmu optik, teknologi, dan lain sebagainya.

b. Sumber Teks

Sumber penting lainnya adalah teks-teks yang membahas tentang alam semesta. Teks-teks ini sangat banyak sekali macamnya, baik berupa data-data astronomis (*jiz*), hukum-hukum sains, buku ilmiah maupun *nash* (al-Qur'an dan Hadis). Keberadaan teks tersebut sangat penting bagi pengembangan Ilmu Falak.

c. Validitas Kebenaran

Bertitik tolak pada sumber pengetahuan yang berupa benda-benda langit dan data-data yang berkaitan dengan benda-benda langit, maka tradisi pemikiran Ilmu Falak berupaya memahami maksud dari keadaan Alam Semesta. Akibatnya, epistemologi *burhani* lebih diutamakan daripada epistemologi *bayani*, maupun *spiritualitas-'irfâniyyah*.

Teori validitas yang dikembangkan epistemologi Ilmu Falak ini memiliki hubungan langsung dengan teori validitas yang dikembangkan oleh ilmu-ilmu sains lainnya yang mengunakan corak pemikiran epistemologi *burhani*. Epistemologi Ilmu Falak ini memberikan peran maksimal terhadap fungsi indera sebagaimana yang dikembangkan oleh teori kebenaran korespondensi (*the correspondence theory of truth*). Menurut teori ini, kebenaran adalah kesetiaan pada realitas objektif (*fidelity to objective reality*), atau kesesuaian antara rumus-rumus yang diciptakan akal manusia dengan hukum-hukum alam (*al-muthâbaqah baina al-'aqli wa nizhâm al-thabî'ah*). Dengan kata lain, suatu pernyataan dianggap benar apabila terdapat fakta-fakta empiris yang mendukung pernyataan itu. Kebenaran

adalah kesesuaian antara pernyataan tentang fakta dengan fakta itu sendiri.[38]

D. Manfaat Ilmu Falak: Tinjauan Aksiologis

Aksiologi[39] merupakan persoalan fungsi suatu ilmu. Bidang Ilmu Falak sampai saat ini masih eksis, karena memang memiliki nilai kegunaan dan kemaslahatan yang amat besar bagi umat manusia. Di antara kemaslahatannya yaitu sebagai pengingat akan kebesaran Tuhan, pentingnya menjaga alam semesta, dan lain sebagainya, baik bagi keberlangsungan sebuah ilmu, sebagai pengembangan pengetahuan, maupun terapannya untuk peningkatan kesejahteraan manusia. Oleh karena ilmu bersifat netral, maka pengetahuan yang dihasilkan oleh ilmu ini apakah bermanfaat, atau tidak, bahkan bisa menyebabkan bencana bagi umat manusia itu, pada dasarnya ditentukan oleh para ilmuwan itu sendiri.

Sebagai contoh; apabila sebuah data koordinat satelit yang diberikan bertujuan untuk menyesatkan pihak lain, maka merupakan sebuah bencana bagi penggunanya, karena informasinya tidak tepat dan akurat. Akibatnya, pengguna satelit tidak memberikan informasi yang dibutuhkan setelah menghabiskan sumberdaya yang tidak sedikit. Dalam sebuah peperangan, koordinat dapat menjadi senjata yang andal untuk mengecoh dan mengalahkan musuh, karena apabila

---

38 Teori korespondensi ini banyak diterima oleh penganut empirisme dengan menggunakan logika induktif, yaitu menarik kesimpulan umum dari hal hal yang bersifat khusus dan empirik. (Titus, 1984. hlm, 238).

39 Secara etimologis, Aksiologi berasal dari dari bahasa Yunani, *axios*, yang berarti nilai, dan *logos*, yang berarti teori. Terdapat banyak pendapat tentang pengertian aksiologi. Menurut Jujun S. Suriasumantri aksiologi adalah teori nilai yang berkaitan dengan kegunaan dari ilmu pengetahuan yang diperoleh. (Suriasumantri, 1998). Menurut Kamus Bahasa Indonesia aksiologi adalah kegunaan ilmu pengetahuan bagi kehidupan manusia, kajian tentang nilai-nilai khususnya etika. Lebih dari itu ada yang berpendapat dengan menyamakan antara aksiologi dan ilmu. Dari definisi aksiologi di atas, terlihat jelas bahwa permasalahan utama aksiologi adalah nilai. Francis Bacon menilai bahwa aksiologi ilmu adalah terciptanya kemaslahatan manusia. Tujuannya yaitu mengusahakan posisi yang lebih menguntungkan bagi manusia dalam menghadapi alam.

koordinat diubah, senjata musuh menjadi tidak tepat sasaran dan bisa menyebabkan terjadinya korban yang tidak berdosa. Sedangkan dalam dimensi ibadah, koordinat yang salah juga akan menyebabkan semua konsep perhitungan menjadi kurang tepat dan tidak sesuai, baik dari segi waktu (seperti; waktu salat), maupun ketepatan arah (seperti; penentuan arah kiblat).

Esensi dasar aksiologi Ilmu Falak sangat erat kaitannya dengan ontologinya, sehingga sebaik-baiknya pengetahuan yang dihasilkan sangat tergantung dari yang memiliki pengetahuan tersebut. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa moral pemilik ilmu tersebut merupakan faktor yang menentukan apa sebenarnya nilai manfaat pengetahuan yang dimiliki bagi umat manusia.

BAB 2

SEJARAH ILMU FALAK

Menurut catatan sejarah, penemu Ilmu Falak, astronomi, dan perbintangan adalah Nabi Idris, atau Hermes, atau Akhnukh[40]. Beliau adalah

40 Nabi Idris ini pula di dalam literatur-literatur Yunani sebagaimana di dalam buku sejarah Blotark disebut *Ozeres-* dewa terpenting orang-orang Mesir kuno- nama aslinya adalah *Yasr* (bahasa Mesir) yang berarti kekuatan, kemampuan dan kehendak. Beberapa logat ia berubah menjadi *Yusra, Osir,* dan *Ozir*. Logat yang terakhir ini menurut orang Yunani menjadi Ozeres, sebagaimana adat mereka menambah huruf "*ya*" dan "*sin*" diakhir setiap nama. Kata itu pindah kedalam bahasa arab dengan mengalami pergantian huruf "*za*" menjadi "*dzal*" . dan ini merupakan penggatian yang biasa terjadi, sehingga nama itu menjadi Idris. Nama Idris ini dipakai dua kali dalam al-Qur'an, yaitu

و اذكر فى الكتاب إدريس انه كان صديقا نبيا

" Dan ceritakanlah (hai Muhammad kepada mereka, kisah) Idris di dalam al-Qur'an. Sesungguhnya Ia adalah sangat membenarkan dan seorang Nabi" (Maryam: 56).

و اسمائيل و ادريس و ذا الكفل كل من الصابرين

Dan (ingatlah kisah) Ismail, Idris dan Dzulkifl, semua mereka adalah termasuk orang-orang "sabar" (al-Anbiya; 85).

Idris (Ozeres) juga merupakan orang yang pertama yang menulis dengan pena, dan orang pertama yang menemukan jahitan serta menjahit pakaian. Disebutkan pula bahwa nabi Idris dan orang-orang yang bersamanya mendirikan Mesir dan dialah yang mengajak manusia pada *amr ma'ruf* dan *nahi mungkar* dan taat kepada Allah, memperkenalkan politik pemerintahan dan mengajarkan beberapa Ilmu. Perlu diketahui pula menurut Abu Said al-

putra dari Yarid bin Mahlail bin Qinan bin Unusy bin Syis bin Adam *As*. Akan tetapi, menurut penelusuran sejarah oleh Abi al-Fauz Muhammad Amin al-Bagdadi bahwa ilmu hisab, baik bulan, dan tahun sudah ada sebelumnya, yaitu ditemukan dan diperkenalkan oleh nenek moyang nabi Idris, yaitu Unusy *As*, yang merupakan putra mahkota dari nabi. Akan tetapi, baru sekitar abad ke-28 sebelum masehi, embrio Ilmu Falak mulai nampak sebagaimana digunakan pada penentuan waktu pada penyembahan berhala, seperti yang terjadi di Mesir untuk menyembah dewa Orisis, Isis dan amon, serta di Babilonia dan Mesopotamia untuk menyembah dewa Astoroth dan Baal.

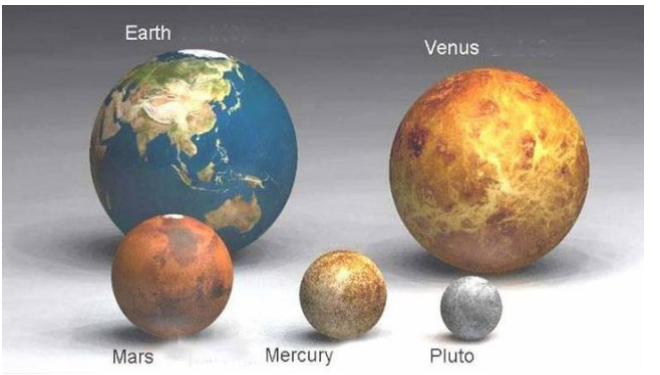
Jika kita menilik perkembangan Ilmu Falak, atau Astronomi dan dasar asal-usul rujukan keilmuan sains, maka kita akan temukan lacakan sejarah yang rumit. Penyelidikan ilmiah bangsa Mesir dan Babilonia yang berkembang selama tiga ribu tahun sebelum masehi merupakan perintis penelitian bangsa Yunani, atau Helenis, yang selanjutnya menghasilkan sains Helinistik, Harrania (Mesopotamia utara pra-Islam), dan sebagian sains Persia. Orang-orang Yunani mengembangkan apa yang mereka peroleh dari bengsa Mesir dan Babilonia, terutama pada bidang astronomi teoritis, yang mengkaji pengembangan model-model matematika dari posisi, dan gerakan-gerakan planet.

Pada abad-abad awal Yunani klasik, batas antara kosmologi dan astronomi tidaklah jelas. Seorang ahli matematika bernama *Pythagoras* memahami alam semesta dan pergerakan angkasa yang dibagi berdasarkan tingkat kesempurnaan, dengan yang terendah adalah bumi dan sefra di bawah Bulan. Plato dan Aristoteles menyempurnakan mekanisme gerakan kosmos sefra

---

Asmawiy, Akhnukh dan Idris bukanlah sebagai satu orang, kedua merupakan sosok pribadi yang berbeda. Pencampuran keduanya menjadi satu orang oleh para sejarawan dikarenakan nama Idris tidak ada di dalam daftar para nabi di Taurat. Al-Asmawiy menjelaskan bahwa Akhnukh hidup disuatu daerah disekitar Mesopotamia, sedangkan Idris adalah raja pertama Mesir pra sejarah. (Said al-Asmawiy, 1992. hlm, 37).

sampai ke tahap dimana daya gerakan ke bawah dan ke atas (atau ke dalam dan ke luar) bekerja untuk keseimbangan. Inilah yang disebut dengan teori *Planeter Aristoteles*[41]. Teori ini juga diperkenalkan secara luas oleh ahli astronomi Ptolemeus (85-165M) dengan gerakan-gerakannya dan karya monumentalnya *Tibr Al-Magesty*, sehingga teori ini terkenal pula dengan nama Geosentris Ptolemeus. Teori ini memberikan pengaruh kuat pada peradaban sampai abad pertengahan awal masehi.

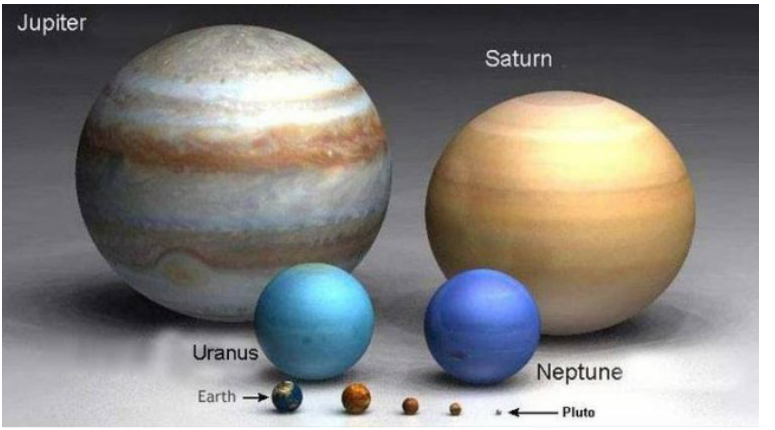


Gambar; 1. Bumi dibandingkan dengan Pluto

Sebelum berinjak pada konsep *heliosentris* Copernicus, maka terlebih dahulu perlu diketahui bahwa pada tahun 310-230 SM hidup seorang ahli astronom Helenis, *Aristarchus* dari Samos yang memberi pemahaman lain. Ia percaya bahwa Bumi melakukan rotasi penuh pada sumbunya setiap hari dan berkeliling di sekitar Matahari sekali setahun, dengan Matahari dan bintang-bintang tetap tidak bergerak. Ia mengemukakan pula jarak Bumi-Matahari ialah 20 kali lebih jauh dari pada jarak Bumi-Bulan, dengan ukuran Matahari 20 kali lebih besar daripada ukuran Bulan. Adapun perbandingan ukuran bumi

41 Teori biasa disebut juga teori *Geosentris* yaitu teori yang yang berasumsi bahwa bumi adalah sebagi pusat peredaran benda-benda langit, dengan susunan yang paling dekat adalah Bulan – Merkurius- Venus – Matahari – Mars – Yupiter – Saturnus – dengan bintang-bintang tetap yang terjauh.

dengan ukuran relatif Bulan adalah diameter bulan setengah dari diameter Bumi.



Gambar; 2. Bumi dibandingkan dengan Jupiter

A. Islam dan Ilmu Falak

Pada masa permulaan Islam, ilmu astronomi belum begitu terkenal dikalangan umat Islam. Akan tetapi, mereka telah mampu mendokumentasikan peristiwa-peristiwa pada masa itu dengan memberikan nama-nama tahun sesuai dengan peristiwa yang paling monumental.[42] Selain itu pula, peradaban sebelum Islam juga telah terkonsep dengan adanya kalender dan nama-nama Bulan. Penentuan permulaan Bulan, baik sebelum ataupun sesudah datangnya Islam memakai *Rukyah al-Hilal*. Lebih lengkapnya tabel dibawah ini :

Jahiliyah	Islam
المؤ تمر	محرم
ناجر	صفر

42 Hal ini dapat kita temukan di dalam literatur sejarah islam dimana kita mengenal istilah tahun gajah karena ketika nabi lahir terjadi penyerangan oleh pasukan bergajah, tahun ijin karena merupakan tahun diijinkannya hijrah ke madinah , tahun amr dimana umat islam diperintahkan untuk menggunakan senjata. Selain itu juga ada tahun jama'ah, dan sebagainya.

ربيع الأول	حوان
ربيع الثانى	بصان
جمادى الأول	خنتم
جمادى الثانى	زياء
رجب	الأصم
شعبان	عادل
رمضان	نافق
شوال	وغل
ذو القعدة	هواع
ذو الحجة	برك

Nama-nama bulan pada khazanah sejarah Arab selengkapnya:[43] (Azhari, 2007: 163).

No.	Nama-nama Bulan Qamariyah			
	I	II	III	IV
1.	Natiq	Mujab	Al-Mu'tamar	Muharram
2.	Thaqil	Mujar	Najir	Shafar
3.	Taliq	Murad	Khawan	Rabiul Awwal/Ula'
4.	Najir	Malzam	Sawan	Rabiul Akhir/Tsani
5.	Samah	Masdar	Hantam	Jumadil Awwal/Ula'
6.	Amnah	Hubar	Zubar	Jumadil Akhir/Tsani
7.	Ahlak	Hubal	Al-Asam	Rajab
8.	Kasa'	Muha'	'Adil	Sya'ban
9.	Zahir	Dimar	Nafiq	Ramadhan
10.	Bart	Dabir	Waghil	Syawwal
11.	Harf	Hifal	Hawagh	Dzulqa'dah
12.	Na's	Musbal	Burak	Dzulhijjah

43 Susiknan Azhari, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern*, Yogyakarta: Suara Muhammadiyah, 2007. hlm, 163.

Jika kita melihat konsep *Rukyah al-Hilal* menurut teoritis akal, maka kita akan menemukan konsep, atau statemen *"Tidak akan ada kegiatan merukyah sebelum adanya perhitungan tanggal"*. Maka hal ini memperjelas sudah adanya kegiatan astronomi (minimal perhitungan bulan) pada dunia Arab.

Walaupun demikian, sudah menjadi kesepakatan umum bahwa tonggak wacana mengenai Ilmu Falak di dunia Islam baru muncul pada masa pemerintahan Khalifah Umar bin Khattab Ra., dimana beliau menetapkan kalender hijriah sebagai dasar melaksanakan ibadah bagi umat Islam. Penetapan ini terjadi pada tahun 17 H, tepatnya pada tanggal 20 Jumadil Akhir 17 H dan di mulai sejak Nabi Saw. berhijrah dari Mekah ke Madinah.

Perkembangan Intelektualitas Ilmu Falak semakin memberikan grafik menanjak seiring dengan melambungnya kekuasaan dan keagamaan umat Islam. Keadaan ini ditandai dengan penerjemahan buku-buku astrologi berbahasa yunani dan koptik oleh Khalid (w. 704 atau 708), putra khalifah Umayah kedua dan seorang filusuf (hakim) keluarga Marwan. Naskah-naskah astrologi dinisbatkan pula pada Ja'far al-Shadiq (700-767) keturunan Sayidina Ali bin Abi Thalib dan salah satu dari 12 Imam Syiah.

Menanjaknya popularitas dunia Islam pada zaman Abasyiah berimbas pada setiap sektor, tidak terkecuali terhadap ilmu pengetahuan dan memberi angin segar pada perkembangan astronomi, atau Ilmu Falak. Bahkan, perkembangan Ilmu Falak mencapai titik keemasan pada masa pemerintahan Dinasti Abbasyiah ini. Masa keemasan ini diawali dengan adanya penerjemahan kitab *Siddhanta* (bahasa Arab, *Sindihind*) dari India pada masa pemerintahan Abu ja'far al-Manshur yang dibawa ke Baghdad pada 771 M. oleh Ibrahim al-Fazari (w. antara 796-806), dan ia dikenal sebagai astronom Islam pertama.

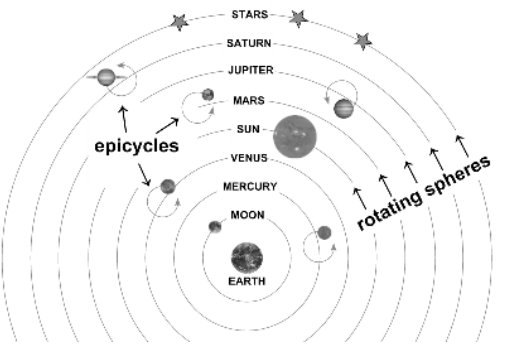
Seorang ilmuan Islam terkenal, Muhammad ibn Musa al-Khawarizmi (w.805) menjadikan terjemahan al-Fazari sebagai rujukan utama membuat tabel astronomi (*zij*)-nya yang terkenal. Dan, ia juga menggabungkan astronomi India dan Yunani (Hitti, 382). Tabel berbahasa pahlawi (*zik*) yang dihimpun pada Dinasti Sasaniyah ikut dimasukan dalam bentuk terjemah (*zij*). Unsur-unsur Yunani yang datang belakangan juga tak luput dari penerjemahan, yang salah satunya adalah karya Ptolomeus yaitu *Almagest* dan *Element* karya Euclid oleh al-Hjjaj bin Yusuf bin Mathar (786-833). Lalu penerjemahan buku *Almagest* diperhalus lagi oleh salah seorang matematikawan dan astronom terbesar Islam, yaitu; Abu al-Wafa Muhammad al-Buzjani al-Hasib (940-997/998).

Pada abad ke-9, sebuah observasi (*rasyd*) rutin pertama dengan menggunakan peralatan yang cukup akurat dilakukan di Jundaysabur (Persia sebelah barat daya), yang diikuti pada masa al-Makmun dengan didirikannya observatorium pertama, yaitu Syammasiyah (213H/ 828M)[44]. Adapun ahli-ahli falak dan astronomi lainnya pada zaman keemasan ini antara lain; al-Fadhl ibn Nawbakhti (w. 815), Tsabit ibn Qurrah (836-901) penerjemah karya-karya Archimedes dan Apollonius, Abu Abdullah Muhammad ibn Jabir al-Battani dengan karya-karya astronominya, yang antara lain menjelaskan kemungkinan terjadinya gerhana cincin, menentukan sudut kemiringan ekliptika, dan mengemukakan beberapa teori orisinil kemunculan bulan baru. Adapula Abu al-Abbas Ahmad al-Farghani, dengan karyanya *al-Mudkhil.*

Di Ghazana yang dipimpin oleh sultan Mahmud, hidup pula seorang ilmuan masyhur dengan hasil-hasil penelitiannya yang sangat signifikan terhadap sumbangsih pemikiran astronomi dan Ilmu Falak. Ia adalah Muhammad ibn Ahmad Abu Rayhan

44 Observatorium pada masa ini telah meninggalkan teori yunani kuno dan membuat teori sendiri tentang perhitungan kulminasi Matahari dan menghasilkan data-data dari kitab Sindihind yang di sebut dengan *table of Makmun* dan oleh orang eropa di kenal dengan astronomos/ astronomy.

al-Biruni. Ia merupakan ilmuan sebelum Capernicus yang mengutarakan sistem *heliosentris* dengan gerakan-gerakan Bumi secara akurat. Ia juga telah menentukan garis lintang dan garis bujur, serta perubahan kemiringan *ekliptika*, mengemukakan gaya tarik Bumi, atau yang biasa kita sebut dengan gaya gravitasi Bumi. Pemahaman gaya tarik Bumi ini dipengaruhi oleh Brahmagupta dari India (sebelum Sir Isac Newton). Ia dianggap pula oleh para sarjana dan ilmuan barat sebagai ilmuan paling orisinal dan terkenal dibidang pengetahuan alam.



Gambar; 3. Teori Geosentris

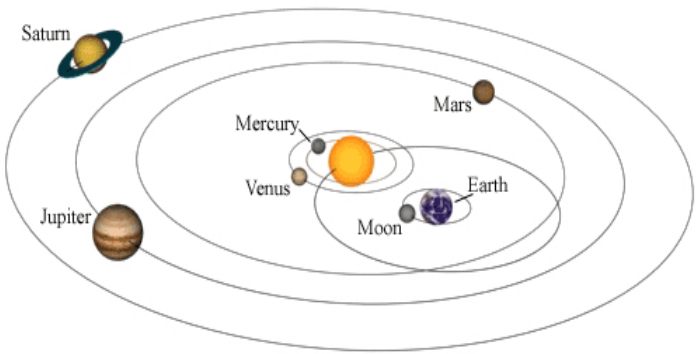
Dinasti Umayah di Spanyol tidak mau ketinggalan pada kajian-kajian asronomi, yang mencapai puncaknya pada abad pertengahan ke-10. Perkembangan pesat ini dipengaruhi pula oleh astrologi sebagaimana mengikuti Abu Ma'syar al-Falakiy dari Baghdad. Pada abad ini memberi sumbangsih keilmuan falak, seperti bagaimana menentukan lintang dan bujur tempat pada berbagai lokasi di seluruh Bumi. Melalui Spanyol inilah dunia latin Barat menemukan inspirasi orientalnya pada bidang astronomi.

Pada masa ini pula, lahir ilmuan astronomi dengan karyanya *Kitab al-Hai'ah*, yang juga murid dari Ibn Tufayl, Nur al-Din Abu Ishaq al-Bitruji (Alfetragius, w.1204), yang menggambarkan konfigurasi benda-benda langit dan berusaha memperbaharui bangunan teori yang keliru tentang bidang-

bidang geosentris (Hitti: 726). Pada abad 9 H/15 M, ketika raja Ulugh Beik, cucu Timur Lenk mendirikan observatoriummya di Samarkand yang bersama dengan observatorium Istambul dianggap sebagi penghubung lembaga ini ke dunia barat (Nakosteen: 233).

B. Barat dan Ilmu Falak

Setelah Islam menampakkan kemajuan pada ilmu pengetahuan dan dengan terjadinya ekspansi intelektualitas ke Eropa melalui Spanyol, lalu muncullah Nicolas Capernicus (1473-1543) yang membongkar teori Geosentris yang dikembangkan oleh Ptolomeus dengan mengembangkan teori Heliosentris.[45] Dari sinilah bermunculan para tokoh astronomi dan pakar perbintangan penerusnya yang lahir, seperti; Tiycho Brahe (1546-1601), seorang pakar astronom dari Denmark. Ia tidak menerima teori pendahulunya secara *Sami'na wa Atha'na*. Ia mengemukakan sistem tata surya kompromi (penggabungan teori Heliosentris dan Geosentris).[46] (Khazin, 2005: 101).

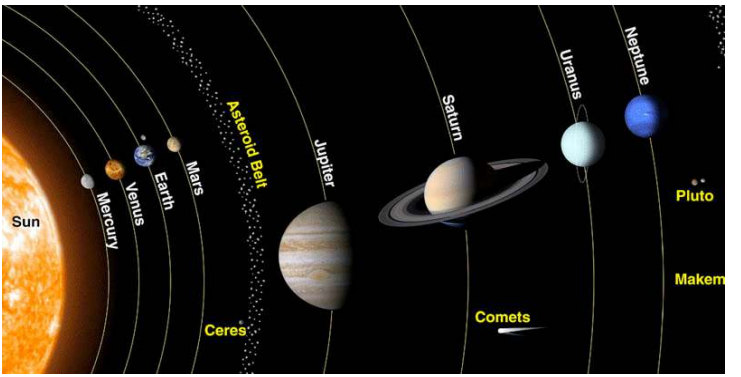


Gambar; 4. *Sistem Tata Surya Tycho*.

45 Teori Heliosentris adalah teori yang merupakan kebalikan dari teori Geosentris. Teori ini mengemukakan bahwa Matahari sebagai pusat peredaran benda- benda langit. Akan tetapi menurut lacakan sejaarah yang pertama kali melakukan kritik terhadap teori Geosentris adalah al Biruni yang berasumsi tidak mungkin langit yang begitu besar beserta bintang-bintangnya yang mengelilingi Bumi.

46 Muhyidin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005. hlm, 101.

Pakar astronom lain yang meneruskan dan memperbaharui teori heliosentris adalah Johanes Kepler (1571-1630), yang terkenal dengan *hukum Kepler*-nya. Lalu Galileo G. (1564-1642), penemu dan pengguna *Teleskop* pertama yang menemukan fase *Venus*. Penemuan-penemuan tersebut di pertajam oleh Sir Isac Newton (1642-1727), seorang ilmuan legendaris dan orang yang menemukan banyak penemuan-penemuan di bidang ilmu pengetahuan alam, dan terkenal dengan hukum *Newton*-nya[47]. Pada masa inilah disebut dengan masa mulainya kejayaan ilmu pengetahuan Eropa. Karya-karya mereka telah banyak di dokumentasikan dan diterjemahkan sampai kepada kita.



Gambar; 5. Teori Heliosentris

C. Indonesia dan Keilmuan Falak

Di Indonesia, Ilmu Falak juga berkembang pesat. Catatan yang pertama dibawa oleh para ulama Indonesia adalah berupa tabel astronomi (*zij*), yaitu *zij* Ulugh Beyk. Pembawa dan pengajar Ilmu Falak pertama adalah syaikh Abdu al-Rahman ibnu Ahmad al-Misri, yang berasal dari Mesir. Kemudian diteruskan oleh murid-muridnya, antara lain; Ahmad Dahlan al-Samarani (w. 1329H/ 1911M) dan Habib Ustman ibn Abdullah (Ia juga merupakan menantu dari Syekh Abd al-Rahman al-Misri).

47 Ibid. hlm, 103.

Ahmad Dahlan al-Samarani meninggalkan karya *"Tazkirah al-Ikhwan fi Ba'di Tawarikhi wa al-A'mal li al-Falakiyah bi Semarang"* tentang metode penentuan awal bulan Qamariyah dan gerhana dengan *mabda* Semarang (Khazin*:* 98). Data dan burujnya dipakai oleh Abu Hamdan Abdul Jalil ibn Abdul Hamid (lahir 12 Juli 1905/ 1323) di dalam kitabnya *Fath al-Rauf al-Mannan*. Sedangkan Habib Utsman mengajarkan keilmuannya di Batavia (Jakarta sekarang) dengan membuat karya *"Iqadzun Niyam fi ma Yataallaquhu bi al-Ahillah wa al-Siyam"*. Epoch yang digunakan adalah Betawi, atau Jakarta. Habib Utsman juga dijuliki sebagai *Mufti Betawi.*[48]

Perjuangan Habib Utsman mengajarkan Ilmu Falak, dilanjutkan oleh murid kinasih beliau, Syekh Muhammad Manshur bin Abdul Hamid bin Muhammad Damiri bin Habib ibn Pangeran Tjakrajaja Temanggung Mataram. Sebelum belajar kepada Habib Utsman, Syekh Manshur juga belajar falak kepada ayahnya sendiri Abdul Hamid bin Muhammad Damiri (Ayahnya ini seperguruan dengan Habib Utsman, yaitu murid dari Syekh Abd al-Rahman al-Misri). Ia menulis karya monumentalnya tentang penentuan awal bulan kamariah *Sulam al-Nayyirain*, yang membahana di langit Nusantara dan memberi pengaruh besar terhadap keilmuan falak Indonesia hingga saat ini.

Ahli falak Indonesia lainnya adalah *Syekh Taher Jalaluddin al-Azhari* (1286-1377 H/1869-1957 M) dengan karya-karyanya, antara lain *Pati Kiraan pada Menentukan Waktu yang Lima* (Singapore: al-Ahmadiyyah Press, 1357 H./1938 M.) dan *Natijah al-Umm* (*The Almanac: Muslim dan Christian Calendar and Direction of Qiblat according to Shafie Sect*, (Taiping-Perak: Mathba'ah al-Zainiyyah, 1951).

48 *Ibid*. hlm, 104.

Selain Syekh Taher Jalaluddin, pada masa itu juga ada para tokoh Ilmu Falak yang sangat berpengaruh, seperti Syekh Ahmad Khatib al-Minangkabau[49], Ahmad Rifa'i, dan K.H. Sholeh Darat. Selanjutnya, perkembangan Ilmu Falak di Indonesia dipelopori K.H. Ahmad Dahlan dan Syekh Muhammad Djamil Djambek (15 Sya'ban 1279-16 Shafar 1367 H./2 Februari 1862-Desember 1947 M dengan karyanya *Diyâ' al-Nirin fimâ Yata'allaq bi al-Kawâkibîn*, suatu rentetan tabel-tabel mengenai penghitungan waktu dan *Almanak Jamiliyah*.[50] Kemudian diteruskan oleh anaknya, Saadoe'ddin Djambek (1330-1398 H./1911-1977 M).

Di antara murid-murid Saadoe'ddin Djambek yang menjadi tokoh Ilmu Falak adalah H. Abdur Rachim. Beliau pernah Menjabat sebagai Wakil Ketua Badan Hisab dan Rukyat Departemen Agama R.I. Karya-karyanya yang berkaitan dengan Ilmu Falak, di antaranya: *Mengapa Bilangan Ramadhan 1389 H. Ditetapkan 30 Hari?* (1969), *Menghitung Permulaan Tahun Hidjrah* (1970), *Ufuq Mar'i sebagai Lingkaran Pemisah antara Terbit dan Terbenamnya Benda-benda Langit* (1970), *Ilmu Falak* dan *Kalender Internasional*.

Adapun literatur-literatur falak, atau hisab yang berkembang di Indonesia, di antaranya sebagai berikut: *Sullamun Nayyirain* oleh Muhammad Manshur bin Abdul Hamid (Jakarta), *Fath Rauf al-Mannân* oleh Abu Hamdan Abd al-Jalil (Kudus), *al-Durûs al-Falakiyyah* dan *Badiah al-Mitsal* oleh Ma'shum bin Ali (Jombang), *al-Qawâ'îd al-Falakiyyah* oleh Abdul Fatah al-Tukhi (Mesir), *al-Mathlâ' al-Sa'îd* oleh Husein Zaid (Mesir), *al-Khulashah al-Wâfiyah* oleh Zubair 'Umar al-Jailani (Salatiga), *Hisab Urfi dan Hakiki* oleh KRT Wardan Diponingrat (Yogyakarta), *Waktu dan Djidwal* oleh Saado'eddin Djambek (Jakarta), *Almanak Djamilijah*

---

49 Ulama besar Minangkabau yang ahli falak ini wafat di Mekah 8 Jumadil Awwal 1334 H./1916 M. Adapun karya-karyanya yang terkait dengan ilmu falak adalah *al-Jawâhir al-Naqiyah fi A'mâl al-Jaibiyyah* (1309 H./1891 M.) dan *Raudhah al-Husâb fi 'Ilm al-Hisâb* (1310 H./1892 M.).

50 Muhyiddin Khazin, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005. hlm, 102.

oleh Muhammad Djamil Djambek (Minangkabau, Sumatra), *Arah Kiblat* oleh Saadoe'ddin Djambek (Jakarta), *Perbandingan Tarich* oleh Saadoe'ddin Djambek (Jakarta), *Pedoman Waktu Shalat* oleh Saadoe'ddin Djambek (Jakarta), *Shalat dan Puasa di Daerah Kutub* oleh Saadoe'ddin Djambek (Jakarta), *Hisab Awal Bulan* Saadoe'ddin Djambek (Jakarta), *Ilmu Falak* oleh Abdur Rachim (Yogyakarta), *Ilmu Falak* oleh Sulamun Ibrahim (Lamongan), *Ephemeris Hisab Rukyat* oleh Departemen Agama R.I., *Nurul Anwar* oleh K.H. Noor Ahmad SS.

Selain literature-literatur Arab, keilmuan falak di Indonesa juga sangat dipengaruhi oleh literatur dari barat. Hal ini bisa kita lihat dengan berkembangnya penentuan awal bulan memakai sistem Newcomb (ahli astronomi Amerika) yang diperkenalkan oleh Abdur Rahim, Jean Meeus (ahli astronomi Belgia), dan data dari *Almanac Nautika*.[51]

Johannes Kepler

Sir Isac Newton

Tiycho Brahe

Nicolas Capernicus

51 Ibid, hlm. 110-112.

BAB 3

PENGENALAN SCIENTIFIC CALCULATOR

Demi memudahkan perhitungan yang dianggap sangat urgen dalam keilmuan, maka berbagai cara dilakukan untuk mencoba, membuat, atau menyempurnakan alat hitung yang telah ada. Termasuk juga memodifikasi, agar proses penggunaannya menjadi lebih cepat dan mudah. Pada masa sekarang ini terdapat alat hitung yang banyak dan komplek untuk berbagai macam perhitungan, seperti; sempoa, kalkulator, dan lain sebagainya. Dengan munculnya berbagai alat tersebut juga berimbas pada bidang perkembangan Ilmu Falak.

Dalam perkembangannya, alat hitung tersebut juga mengalami berbagai pembaruan dari sistem perhitungan, sehingga dapat membantu dalam kejelian, ketelitian, dan kemudahan dalam menghitung. Salah satunya ialah kalkulator yang merupakan alat bantu hitung yang paling praktis dan sederhana untuk menyelesaikan rumus-rumus hisab. Dengan

dilengkapi fasilitas penyimpanan juga, maka kalkulator dapat menyimpan program, sehingga sangat membatu dalam proses perhitungan. Adapun kalkulator yang khusus digunakan untuk perhitungan sains lebih dikenal dengan sebutan *scientific calculator.*

Dalam Ilmu Hisab, atau Ilmu Falak, *scientific calculator* adalah bagian yang tidak terpisahkan, di samping literatur atau bahan rujukan yang dijadikan acuan. Berikut ini adalah beberapa jenis model atau tipe kalkulator yang dapat dijadikan alat bantu dalam proses pembelajaran, khususnya Ilmu Falak.

Model I (X-^{1}, (-))

Model II (1/X, +/-)

Model III (1/X, +/-)

Model IV(1/X, +/-)

Model V (X-^{1}, (-))

Pada dasarnya dalam penggunaan *scientific calculator* terbagi dalam dua cara, yaitu; Pertama, mendahulukan menombol sin, cos, tan, baru kemudian disusul menombol angka. Kedua, mendahulukan menombol angka, lalu disusul menombol sin, cos, tan.

Dan untuk *scientific calculator* cara pertama (mendahulukan menombol sin, cos, tan, baru disusul menombol angka) juga masih terbagi lagi menjadi dua, yaitu; Pertama, terdapat fungsi sin, cos, tan, tanda derajat (°’”), tanda min (-) dan X^{-1}. Selanjutnya model ini disebut model I dan V. Kedua, selain sin, cos, tan, dan tanda derajat (°’”) tambahannya adalah tanda plus minus (+/-) dan 1/X. Selanjutnya model ini disebut model II.

Kemudian untuk *scientific calculator* dengan cara kedua (mendahulukan menombol angka baru disusul menombol sin, cos, tan) pada dasarnya masih terbagi menjadi dua, yaitu;

Pertama, terdapat fungsi sin, cos, tan, plus minus (+/-), 1/X juga ada tanda derajat (°'"). Selanjutnya model ini disebut model III. Kedua, hanya dilengkapi sin, cos, tan, plus minus (+/-), tanpa dilengkapi dengan tanda derajat (°'"). Selanjutnya model ini disebut model IV.

Adapun fungsi yang harus diperhatikan dalam setiap tombol, baik bentuk derajat, atau lainnya sebagai berikut:

1. Mempunyai mode derajat (DEG) dan satuan derajat (°'"/ DMS /DEG)
2. Mempunyai fungsi sinus (Sin, Cos, Tan)
3. Mempunyai fungsi perubahan sinus (SHIF, INV, 2ndf)
4. Mempunyai fungsi pembalikan pembilang dan penyebut (1/X atau X^{-1}). Fungsi ini sangat penting untuk mendapatkan nilai Cotan (^{1}/tan), Sec (^{1}/cos), Cosec (^{1}/sin).
5. Mempunyai fungsi minus +/- atau (-)
6. Penjumlahan = /exe

Ada beberapa model derajat pada kalkulator, yang dikelompokkan sebagai beruikut;

1. Kalkulator ber-Cursor dengan tombol derajat (°'")
2. Kalkulator tanpa Cursor dengan tombol derajat (°'")
3. Kalkulator ber-Cursor dengan tombol derajat DMS
4. Kalkulator tanpa Cursor dengan tombol derajat DEG

Satuan yang dipakai untuk menyatakan sudut yaitu derajat dengan simbol (°), menit dengan simbol (') dan detik dengan simbol ("). Misalnya; 294°29'2" *dibaca:* dua ratus sembilan puluh empat *derajat* dua puluh sembilan *menit* dua *detik*. Pada satu derajat (1°) adalah sebesar 1/360 kali keliling lingkaran, satu menit busur (1') didefenisikan 1/60 derajat (1/60°) dan satu detik busur (1'') didefenisikan 1/3600 derajat atau 1/60

menit busur (1/60'). Pada satuan waktu adalah jam (^{j}) menit (^{m}), dan detik (^{d}), contoh: $07^{j}\ 08^{m}\ 08^{d}$ *dibaca:* tujuh *jam* delapan *menit* delapan *detik*. 1 hari terdiri dari 24 jam, 1 jam terdiri dari 60 menit, dan 1 menit terdiri dari 60 detik.

Pada perhitungan ilmu falak, untuk konversi pada satuan ukur sudut (derajat) menjadi satuan ukur waktu (jam) atau sebaliknya sebagai berikut:

360°	=	24^{j}	24^{j}	=	360°
15°	=	1^{j}	1^{j}	=	15°
1°	=	4^{m}	4^{m}	=	1°
15'	=	1^{m}	1^{m}	=	15'
1'	=	4^{d}	4^{d}	=	1'
15"	=	1^{d}	1^{d}	=	15"

24 jam $= 360°$

1 jam $= (360° / 24) = 15°$

4 menit $= (4/60)$ jam

1 menit $= (1/60)$ jam $= (15° \times (1/60)) = 0°,25$

$= 0°,25 \times 60' = 15'$

4 detik $= (4/3600)$ jam

1 detik $= (1/3600)$ jam $= (15° / 3600)$

$= 4°,166666 \times 10^{-3}$

$= (15 \times 3600") / 3600 = 15"$

≈ Cara untuk mencari nilai Sin, Cos dan tan

1. Contoh mencari nilai Sin 5°10'15.20"

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator:**

1. Model I

   Sin 5°10'15.20" = 0.090126574

2. Model II

   Sin 5°10'15.20" = 0.090126574

3. Model III

   5°10'15.20" Sin = 0.090126574

4. Model IV

   5.101520 DEG Sin = 0.090126574

   (angka sebelum titik adalah derajat atau jam, dua angka sesudahnya menit dan dua angka sudahnya detik)

5. Model V

   Sin (5°10'15.20") = 0.090126574

2. Contoh mencari nilai Cos 5°05'05.20"

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator:**

1. Model I

   Cos 5°05'05.20" = 0.996064647

2. Model II

   Cos 5°05'05.20" = 0.996064647

3. Model III

   5°05'05.20 Cos = 0.996064647

4. Model IV

   5.050520 DEG Cos = 0.996064647

5. Model V

   Cos (5°05'05.20) = 0.996064647

3. Contoh mencari nilai Tan -5°25'50.20"

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator:**

1. Model I

   Tan (-)5°25'50.20" = -0.095066897

2. Model II

   Tan 5°25'50.20" +/- = -0.095066897

3. Model III

   5°25'50.20"+/- Tan = -0.095066897

4. Model IV

   5.255020 DEG +/- Tan = -0.095066897

5. Model V

   Tan((-)5°25'50.20") = -0.095066897

≈ Cara untuk mendapatkan nilai Cotan ($^{1}/\tan$)

4. Contoh mencari nilai Cotan ($^{1}/\tan$) 7°7'7.20"

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator:**

1. Model I

   (Tan 7°7'7.20") X^{-1} = 8.007209878

2. Model II

   (Tan 7°7'7.20") Shift 1/X = 8.007209878

2. Model III

   7°7'7.20" Tan Shift 1/X = 8.007209878

3. Model IV

   7.070720 DEG Tan 2Ndf 1/X = 8.007209878

4. Model V

   Tan (7°7'7.20") X^{-1} = 8.007209878

A. Contoh Mencari Sudut Waktu Matahari

1. Rumus:

   Cos $t_{\odot}$ = Sin h ÷ Cos ϕ ÷ Cos δ – Tan ϕ ×Tan δ

2. Data

   h = -1°7'9.26"

   φ = - 2°19'24.51"

   δ = +23°23'51"

3. Data masuk rumus:

   Cos $t_{\odot}$= sin -1°7'9.26" ÷ cos -2°19'24.51" ÷ cos 23°23'51" – tan -2°19'24.51" × tan 23°23'51"

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator:**

1. Model I

   Shift Cos (Sin (-)1°7'9.26" ÷ Cos (-)2°19'24.51" ÷ Cos 23°23'51" – Tan (-)2°19'24.51" × Tan 23°23'51") = Shift °'"

   MUNCUL 90°12'52.49"

2. Model II

   Shift Cos (Sin 1°7'9.26" +/- ÷ Cos 2°19'24.51" +/- ÷ Cos 23°23'51" – Tan 2°19'24.51" +/- × Tan 23°23'51") = Shift °'"

   MUNCUL 90°12'52.49"

3. Model III

   1°7'9.26" +/- Sin ÷ 2°19'24.51" +/- Cos ÷ 23°23'51" Cos – 2°19' 24.51" +/- Tan × 23°23'51" Tan = Shift Cos Shift °'"

   MUNCUL 90°12'52.49"

4. Model IV

   1.070926 DEG +/- Sin ÷ 2.192451 DEG +/- Cos ÷ 23.2351 DEG Cos – 2.192451 DEG +/- Tan × 23.2351 DEG Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

   MUNCUL 90.125249

5. Model V

   Shift Cos (Sin((-)1°7'9.26") ÷ Cos ((-)2°19'24.51") ÷ Cos (23°23'51") – Tan ((-)2°19'24.51") × Tan (23°23'51")) = Shift °'"

   MUNCUL 90°12'52.49"

B. Mencari tinggi bulan dengan rumus sebagai berikut:

1. Rumus:

   $\sin h_{(} = \sin \phi^{x} \times \sin \delta + \cos \phi^{x} \times \cos \delta \times \cos t$

2. Data

   h = tinggi bulan

   ϕ = -2°19' 24.51"

   δ = +19°26'18.92"

   t = 85°01' 01.54"

3. Data masuk rumus:

   Sin $h_{(}$ = sin -2°19'24.51" × sin 19°26'18.92" + cos -2°19'24.51" × cos 19°26'18.92" × cos 85°01'01.54"

¤ Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator:

1. Model I

   Shift Sin (Sin (-)2°19'24.51" × Sin 19°26'18.92" + Cos (-)2°19'24.51" × Cos 19°26'18.92" × Cos 85°01'01.54") = Shift °'"

MUNCUL 03°55'08.83"

2. Model II

   Shift Sin (Sin 2°19'24.51" +/- × Sin 19°26'18.92" + Cos 2°19'24.51" +/- × Cos 19°26'18.92" × Cos 85°01'01.54") = Shift °'"

   MUNCUL 03°55'08.83"

3. Model III

   2°19'24.51" +/- Sin × 19°26'18.92" Sin + 2°19'24.51" +/- Cos × 19°26'18.92" Cos × 85°01'01.54" Cos = Shift Sin Shift °'"

   MUNCUL 03°55'08.83"

4. Model IV

   2.192451 DEG +/- Sin × 19.261892 DEG Sin + 2.192451 DEG +/- Cos × 19.261892 DEG Cos × 85.010154 DEG Cos = 2Ndf Sin 2Ndf DEG

   MUNCUL 03.550883

5. Model V

   Shift Sin (Sin ((-)2°19'24.51") × Sin (19°26'18.92") + Cos ((-)2°19'24.51") × Cos (19°26'18.92") × Cos (85°01'01.54")) = Shift °'"

   MUNCUL 03°55'08.83"

C. Contoh Mencari Arah Kiblat

1. Rumus:

   Cot B = tanϕ^k × cos ϕ^x ÷ sin C – sin ϕ^x ÷ tan C

2. Data

   B = arah kiblat dari titik utara atau selatan

   ϕ^x = -2°19' 24,33"

ϕ^k = +21°25'21.04"

C = 66°11'47.99"

3. Data masuk rumus:

Cotan B = tan 21°25'21.04" × cos -2°19' 24,33" ÷ sin 66°11'47.99" – sin -2°19'24,33" ÷ tan 66°11'47.99"

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator:**

1. Model I

Shift Tan (Tan 21°25'21.04" × Cos (-)2°19'24.33" ÷ Sin 66°11'47.99" – Sin (-)2°19'24.33" ÷ Tan 66°11'47.99") X^{-1} = Shift °'"

MUNCUL 65°56'45.79"

2. Model II

Shift Tan (Tan 21°25'21.04" × Cos 2°19'24.33" +/- ÷ Sin 66°11'47.99" – Sin 2°19'24.33" +/- ÷ Tan 66°11'47.99") Shift 1/X = Shift °'"

MUNCUL 65°56'45.79"

3. Model III

21°25'21.04" Tan × 2°19'24.33" +/- Cos ÷ 66°11'47.99" Sin – 2°19'24.33" +/- Sin ÷ 66°11'47.99" Tan = Shift 1/X Shift Tan °'"

MUNCUL 65°56'45.79"

4. Model IV

21.252104 DEG Tan × 2.192433 DEG +/- Cos ÷ 66.114799 DEG Sin – 2.192433 DEG +/- Sin ÷ 66.114799 DEG Tan = 2Ndf 1/X 2Ndf Tan 2Ndf DEG

MUNCUL 65.564579

5. Model V

Shift Tan ((Tan (21°25'21.04") × Cos ((-)2°19'24.33") ÷ Sin (66°11'47.99") – Sin ((-)2°19'24.33") ÷ Tan (66°11'47.99")) X^{-1} = Shift °'"

MUNCUL 65°56'45.79"

BAB
4

HISAB ARAH KIBLAT

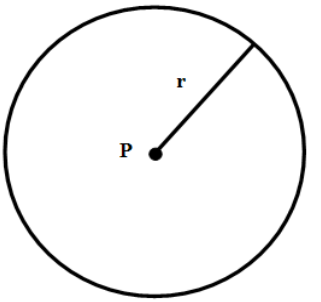
A. Konsep Dasar Penentuan Arah Kiblat

1. Lingkaran Bola

Di Kamus Matematika, istilah lingkaran didefinisikan sebagai tempat kedudukan titik-titik yang berjarak sama r (disebut jari-jari) terhadap suatu titik tetap p (disebut pusat). Pengertian ini sedikit sulit untuk dipahami, namun dapat disederhanakan dengan pemahaman bahwa lingkaran merupakan himpunan semua titik di bidang datar yang berjarak sama dari suatu titik tetap di bidang tersebut. Titik tetap lingkaran itu dinamakan pusat lingkaran, sedangkan jarak dari suatu titik pada lingkaran ke titik pusat dinamakan jari-jari lingkaran.

Sementara itu lingkaran diartikan sebagai garis lengkung yang kedua ujungnya bertemu pada jarak yang sama dari titik pusat. Pengertian yang lain, lingkaran adalah sebuah garis

lengkung yang bertemu kedua ujungnya, sedangkan semua titik sama jauh letaknya dari sebuah titik tertentu. Titik ini dinamakan pusat lingkaran, jarak dari suatu titik pada lingkaran ke titik pusat dinamakan jari-jari lingkaran, dan garis lengkung yang bertemu kedua ujungnya itu dinamakan keliling lingkaran. Sedangkan daerah yang dibatasi oleh lingkaran disebut bidang lingkaran. Oleh karena itu, istilah antara lingkaran dan bidang lingkaran itu berbeda. Dengan sebuah benang, kita dapat mengkontekstualkan lingkaran. Sedangkan dengan tripleks, atau karton, kita dapat mengkontekstualkan bidang lingkaran. Dengan demikian sangat terlihat perbedaan lingkaran dengan bidang lingkaran.



Gambar; 1. P disebut sebagai titik pusat dan garis r yang disebut sebagai jari-jari lingkaran

Keterangan:

P : Pusat lingkaran

r : Jari-jari lingkaran

Lingkaran pada konteks geometri yang dikenal dengan istilah bola merupakan bangun ruang tiga dimensi yang dibentuk oleh tak hingga lingkaran berjari-jari sama panjang dan berpusat pada satu titik yang sama, sehingga bola hanya memiliki 1 sisi saja. Dengan demikian, yang dimaksudkan di sini dengan istilah lingkaran bola adalah lingkaran yang terdapat di dalam bangun ruang tiga dimensi yang dibentuk oleh tak

hingga lingkaran berjari-jari sama panjang dan berpusat pada satu titik yang sama.

Di dalam lingkaran bola terdapat lingkaran besar dan lingkaran kecil. Salah satu lingkaran di dalam lingkaran tersebut dinamakan lingkaran dasar utama, yaitu lingkaran besar yang posisinya horisontal. Semua lingkaran besar titik pusatnya adalah titik pusat bola, sedangkan lingkaran kecil titik pusatnya bukan titik pusat bola, namun garis tengah pada lingkaran besar.[52]

Berpijak dari penjelasan di atas, maka lingkaran besar merupakan lingkaran yang terbentuk dari perpotongan bola dengan bidang yang melalui pusat bola, dengan jari-jari dan garis tengah lingkaran sama dengan jari-jari dan garis tengah bola tersebut.

Definisi yang lain, menyatakan bahwa lingkaran besar merupakan lingkaran yang terbentuk dari perpotongan bola dengan bidang yang melalui pusat bola, dimana jari-jari lingkaran tersebut sama dengan jari-jari bola, atau perpotongan bola dengan bidang yang melalui titik pusatnya; bisa juga diartikan lingkaran pada bola dengan garis tengah yang sama dengan garis tengah bola.

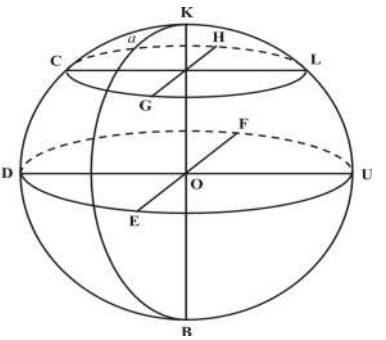
Dengan demikian, lingkaran besar merupakan lingkaran pada permukaan sebuah bola yang memiliki keliling yang sama dengan keliling bola tersebut. Oleh karena itu, keberadaan lingkaran besar pada bola pasti akan memotong bola tersebut menjadi dua bagian besar yang sama. Sedangkan lingkaran apapun pada permukaan bola yang tidak memotong bola menjadi dua bagian sama besar disebut sebagai lingkaran kecil.

---

52 Selamet Hambali, *Ilmu Falak I Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011. hlm, 31.

Pada dasarnya, bola Bumi terbentuk oleh dua macam lingkaran, yaitu lingkaran besar (*great circle*) dan lingkaran kecil (*small circle*). Lingkaran besar merupakan lingkaran bola yang mana titik pusatnya sama dengan titi pusat bola dan garis tengahnya sama dengan garis tengah bola.

Sedangkan lingkaran kecil bukanlah merupakan lingkaran bola, melainkan lingkaran yang sejajar dengan salah satu lingkaran besar atau lingkaran bola. Dengan kata lain, semua lingkaran lintang, selain lintang 0^0 adalah lingkaran kecil. Titik pusat lingkaran kecil bukanlah titik pusat bola, namun berada pada garis tengah bola, dan garis tengah lingkaran kecil bukanlah merupakan garis tengah bola, namun memotong garis tengah bola.



Gambar; 2. Lingkaran bola yang di dalamnya terdapat lingkaran besar dan lingkaran kecil.

Keterangan:

K : Kutub bola

B : Kutub bola

KB :Garis tengah lingkaran besar, sehingga lingkaran bola yang melewati KB di sebut lingkaran besar. Kemudian sudut yang dibentuk oleh dua lingkaran besar disebut dengan sudut bola (a)

DU : Garis tengah lingkaran besar utama

EF : Garis tengah lingkaran besar utama

CL : Garis tengah lingkaran kecil

GH : Garis tengah lingkaran kecil

DFUE : Lingkaran yang melalui DFUE disebut lingkaran kecil

Bola Bumi mempunyai banyak lingkaran besar, di antaranya adalah meridian Bumi, lingkarang-lingkaran garis bujur, lingkaran khatulistiwa atau equator Bumi. Sedangkan lingkaran kecil yang ada di bola Bumi hanyalah lingkaran garis lintang (Hambali, 2013: 12). Meridian Bumi adalah lingkaran bola Bumi yang melalui sumbu atau poros (kutub Utara dan kutub Selatan) Bumi dan membelah Bumi menjadi dua bagian, yakni bagian Barat dan bagian Timur.

Lingkaran garis bujur adalah lingkaran bola Bumi yang melalui sumbu atau poros Bumi (kutub utara dan kutub selatan). Meridian Bumi, dan lingkaran garis bujur adalah sama. Setengah lingkaran garis bujur yang melalui Greenwich dinamakan Meridian Utama (*Prime Meridian*) dan setengah lingkaran garis bujur yang melalui kebalikan Greenwich (180^{o} dari Greenwich) dinamakan *International Date Line* (Garis Tanggal Internasional).

Lingkaran garis bujur yang berada di sebelah Barat Greenwich dinamakan bujur Barat dan lingkaran garis bujur yang berada di sebelah Timur Greenwich dinamakan Bujur Timur. Lingkaran garis bujur dapat dijadikan petunjuk untuk mendapatkan arah Utara dan Selatan. Dimana arah Utara adalah arah yang menuju ke kutub Utara, sedangkan arah Selatan adalah arah yang menuju ke kutub Selatan.

Bilamana peninjau atau observer berdiri di kutub Utara, maka arah yang ada di kutub Utara hanyalah arah Selatan, tidak ada arah Utara, Barat, dan Timur. Demikian juga ketika peninjau atau observer berdiri di kutub Selatan, maka arah

yang ada di kutub Selatan hanyalah arah Utara, tidak ada arah Selatan, Barat, dan Timur.

Lingkaran khatulistiwa atau equator bumi yang sering juga disebut dengan istilah garis khatulistiwa atau equator adalah lingkaran bola Bumi yang posisinya tepat di tengah-tengah antara kutub Utara dan kutub Selatan Bumi serta perpotongan tegak lurus dengan lingkaran garis bujur. Lingkaran khatulistiwa atau equator membelah Bumi menjadi dua bagian, yakni bagian Utara dan bagian Selatan. Lingkaran khatulistiwa atau equator dapat dijadikan sebagai petunjuk untuk mendapatkan arah Barat Timur. Arah yang searah dengan lintasan Matahari semu adalah arah Barat, sedangkan kebalikannya adalah arah Timur.

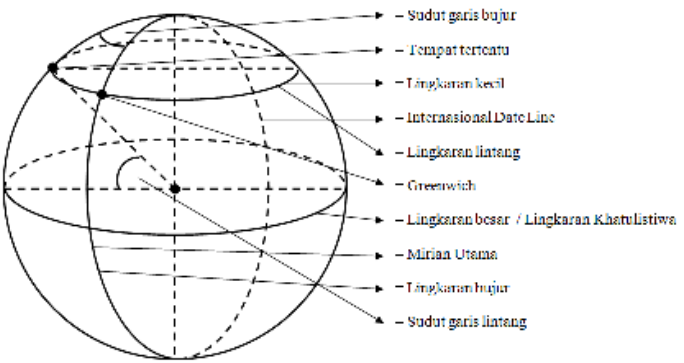
Lingkaran garis lintang adalah lingkaran kecil pada bola Bumi yang sejajar dengan khatulistiwa atau equator Bumi. Lingkaran garis lintang juga berpotongan tegak lurus dengan lingkaran garis bujur. Sebagaimana lingkaran khatulistiwa atau equator, lingkaran lintang juga dapat dijadikan petunjuk untuk mengetahui arah Barat Timur. Arah Barat dan arah Timur adalah arah yang tidak berujung, tidak seperti arah Utara dan arah Selatan. Arah Barat adalah arah yang searah dengan gerak harian semu Matahari, sedangkan arah Timur adalah arah yang berlawanan dengan gerak harian semu Matahari. Arah Barat-Timur merupakan arah yang tegak lurus dengan arah Utara-Selatan.

Sudut garis bujur atau sering dinamakan dengan istilah garis bujur biasanya diberi lambang (l) adalah sudut yang dibentuk oleh lingkaran garis bujur yang melalui Greenwich dengan lingkaran garis bujur yang melalui suatu tempat. Definisi yang lain, sudut garis bujur adalah busur atau jarak

yang dihitung dari Greenwich sampai suatu tempat melalui lingkaran garis lintang.

Sudut garis lintang yang sering dinamakan garis lintang biasanya diberi lambang (ϕ) adalah sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik pusat Bumi ke suatu tempat dengan garis yang menghubungkan titik pusat Bumi ke khatulistiwa atau equator Bumi. Definisi yang lain, sudut garis lintang adalah busur atau jarak yang dihitung dari suatu tempat sampai dengan khatulistiwa atau equator Bumi melalui lingkaran garis bujur.[53] (Hambali, 2013: 12-14).

Adapun pada konteks bola langit, pada dasarnya bola langit merupakan proyeksi dari bola Bumi ke langit. Lintang dan bujur pada bola bumi diproyeksikan ke langit menjadi lintang dan bujur langit. Begitu juga equator Bumi menjadi equator langit.



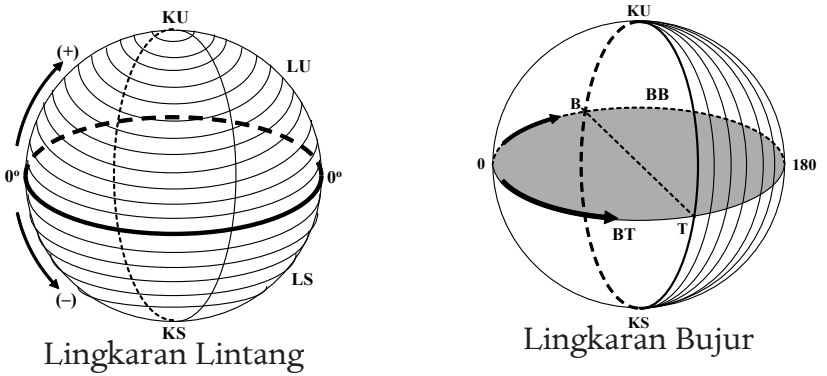
Gambar; 3. Lingkaran bola Bumi

Dengan demikian, berlaku sama penjelasan tentang lingkaran besar dan lingkaran kecil. Adapun lingkaran besar adalah lingkaran pada permukaan bola langit yang dibuat melalui pasangan titik-titik pada permukaan bola langit yang berlawanan dan bertitik pusat pada titik pusat bola langit. Dengan demikian, bidang lingkaran besar tersebut senantiasa

53 Selamet Hambali, *Arah Qiblat Setiap Saat*, Yogyakarta. 2013. hlm, 12-14.

menyinggung titik pusat bola langit. Lingkaran besar ini dapat dibuat sebanyak mungkin (tak terhingga) dan setiap lingkaran besar membagi bola langit menjadi dua bagian sama besar. Di dalam bahasa Inggris disebut dengan istilah *Great Circle*, sedangkan di bahasa Arab disebut *Dairah Azimah,* atau *Dairah Kabirah*.

Sedangkan lingkaran kecil adalah lingkaran pada permukaan bola langit yang titik pusatnya tidak berimpit dengan titik pusat bola langit. Oleh karenanya, bidang lingkaran kecil ini tidak menyinggung titik pusat bola langit dan tidak membagi bola langit menjadi dua bagian yang sama besarnya. Dalam bahasa Inggris dikenal dengan istilah *Small Circle*, sedangkan menurut istilah bahasa Arab disebut *Dairah Saghirah*.[54]



Gambar; 4. Lintang dan Bujur

2. Arah Kiblat dan Azimut Kiblat

Arah kiblat merupakan arah terdekat menuju Ka'bah melalui lingkaran besar (*great circle*) bola Bumi. Pada konteks ini dapat dikatakan bahwa lingkaran bola Bumi yang dilalui oleh arah kiblat dapat disebut sebagai lingkaran kiblat.[55] Dengan

54 Susiknan Azhari, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008. hlm, 132.

55 Semua lingkaran besar titik pusatnya adalah titik pusat bola, sedangkan lingkaran kecil titik pusatnya bukan titik pusat bola, akan tetapi pada garis tengah pada lingkaran besar.

demikian, lingkaran kiblat dapat didefinisikan sebagai lingkaran bola Bumi yang melalui sumbu atau poros kiblat (Hambali, 2010: 11). Dengan kata lain, arah kiblat adalah arah terdekat atau bidang lengkung terdekat pada bola Bumi terhadap Ka'bah.

Gambar; 5. Ilustrasi arah kiblat

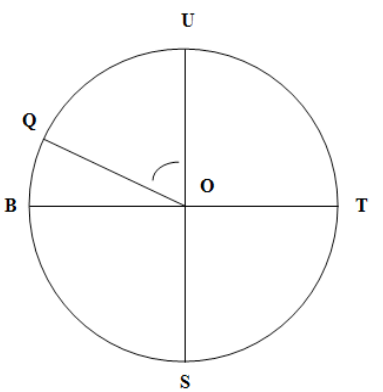
Sumbu atau poros kiblat yang dimaksudkan adalah garis tengah bola Bumi yang menghubungkan Ka'bah dengan kebalikan dari Ka'bah melalui titik pusat Bumi. Dimana Ka'bah tengah-tengahnya, menurut Slamet Hambali (2013: 14) terletak di Bujur Timur (BT^k) 39°49' 34,33" dan di Lintang Utara (ϕ^k) +21°25'21,04". Dengan demikian, kebalikannya Ka'bah berada di Bujur Barat (BB^x) 140°10'25,67" dan di Lintang Selatan (ϕ^o) -21°25' 21,04".[56]

56 Data lintang dan bujur Ka'bah ini yang akan digunakan di dalam penelitian ini. Data ini merupakan data yang digunakan oleh Slamet Hambali (2013: 14) Perhitungan yang diperoleh dari *google earth*. Mengenai data koorinat lintang dan bujur Ka'bah ada banyak ragam. Menurut Ahmad Izzuddin lintang Ka'bah: 21°25'21,27" dan bujur Ka'bah: 39°49'34,56", data ini diperoleh dengan menggunakan GPS (*Global Positioning System*) Garmin 76CS pada tahun 2007. Menurut Hasanuddin Z. Abidin yang mengukur dengan Garmin E-MAP mendapatkan hasil lintang Ka'bah: 21°25'21.5" dan bujur Ka'bah: 39°49'43,5". Hasil penelitian Nabhan Maspotera tahun 1994 menggunakan GPS menyebutkan lintang Ka'bah 21°25' 14,7" dan bujur Ka'bah 39°49' 40". Menurut informasi dari Boscha bahwa Ibrahim juga mengadakan penelitian dengan menggunakan GPS diperoleh lintang Ka'bah: 21°25' 25" dan bujur Ka'bah: 39°49' 39" (Izzuddin, 2012a: 30, Hambali: 2011: 181). Selain itu, menurut Moedji Raharto dan Dede Jaenal Arifin Surya (2011: 24) lintang Ka'bah: 21°25'21" LU dan bujur Ka'bah: 39°50'

Berdasarkan penjelasan tersebut, maka arah kiblat seseorang yang ada di dalam bangunan Ka'bah adalah menghadap ke dinding Ka'bah, boleh ke semua arah yang diinginkan, boleh ke Barat, Timur, Selatan, Utara, dan sebagainya. Demikian pula, arah kiblat di tempat kebalikan Ka'bah,[57] di mana dapat menghadap ke arah mana saja.[58] Hal ini karena menghadap ke arah manapun jaraknya dari titik tersebut sampai Ka'bah jaraknya adalah sama.

Pada bola Bumi, sudut arah kiblat adalah sudut yang dibentuk oleh lingkaran meridian Bumi di suatu tempat dengan lingkaran kiblat yang melalui tempat tersebut. Pada bola langit, sudut arah kiblat dapat didefinisikan sebagai sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik pusat (tempat yang diukur arah kiblatnya) dan titik Utara dengan garis yang menghubungkan titik pusat dan proyeksi kiblat di lingkaran horizon. Dengan kata lain juga dapat disebut sebagai busur yang dihitung dari titik utara atau selatan sampai dengan proyeksi Ka'bah melalui horizon.

Azimut kiblat adalah sudut yang dihitung dari titik Utara ke arah Timur (searah dengan perputaran jarum jam) melalui lingkaran horizon sampai proyeksi Ka'bah.[59]



Gambar; 6. Arah kiblat yang diukur dari titik utara (UTSB)

34" BT. Hafid lintang Ka'bah = 21° 25' 21.04" Bujur Ka'bah = 39° 49' 34.05".

57 Titik kebalikannya Ka'bah berada di Bujur Barat (BB^x) 140° 10' 25,67" dan di Lintang Selatan (ϕ^o) -21°25'21,04" lokasi ini berada di lautan kawasan Samudra Pasifik bagian selatan (*South Pacific Ocean*).

58 ....., 2013, *Arah Qiblat Setiap Saat*, Yogyakarta. hlm, 14-15.

59 *Ibid*. hlm, 16.

Berdasarkan gambar tersebut, lingkaran UTSB adalah horizon atau ufuk, garis OQ adalah arah kiblat atau arah menuju ke Ka'bah, UOQ adalah sudut arah kiblat, busur UQ = sudut UOQ adalah sudut arah kiblat. Arah kiblat dihitung dari titik utara, sedangkan UTSBQ adalah azimut kiblat.

B. Proses Perhitungan Arah Kiblat

Proses perhitungan arah kiblat dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip ilmu ukur segitiga bola, karena untuk melakukan perhitungan arah Kiblat terdapat 3 buah titik yang diperlukan, yaitu:

Titik A, terletak di Ka'bah

Titik B, terletak di lokasi yang akan dihitung arah kiblatnya.

Titik C, terletak di kutub Utara.

Gambar; 7. Prinsip Segitiga bola untuk menghitung arah kiblat

Pada gambar di atas terdapat tiga titik A, titik B, dan titik C. Dari ketiganya hanya ada dua titik yang tidak berubah, yaitu titik A dan titik C, karena pada titik A tepat di Ka'bah, sedangkan titik C tepat di kutub Utara. Adapun titik B selalu berubah, karena menyesuaikan pada tempat dimana yang akan dihitung arah kiblatnya.

$d = c \,.\, R \sin c = \frac{\sin b}{\sin B} . \sin C$ Apabila ketiga titik tersebut dihubungkan dengan garis lengkung pada lingkaran besar (*great circle*), maka akan diperoleh segitiga bola ABC. Sedangkan perhitungan arah kiblat dirumuskan sebagai berikut:

$$\tan B = \frac{\sin b . \sin C}{\cos b . \sin a - \cos a . \sin b . \cos C} \qquad (1a)$$

atau

$$\cot B = \frac{\cot b . \sin a}{\sin C} - \cos a . \cot C \qquad (1b)$$

Jarak ke kiblat:

atau $$\sin c = \frac{\sin b}{\sin B} . \sin C \quad \text{dan} \quad d = c \,.\, R \qquad (2a)$$

$$\cos c = \cos a . \cos b + \sin a . \sin b . \cos C \qquad (2b)$$

dimana :

B : Arah kiblat suatu tempat

Yaitu sudut antara arah ke Titik Kutub Utara dan arah ke Ka'bah

C : Selisih antara bujur Ka'bah dengan bujur tempat yang akan dicari arah Kiblatnya.

a : 90° - lintang tempat (atau *co-latitude*)

b : 90° - lintang Ka'bah (yaitu busur antara titik kutub utara dengan ka'bah)

c : Jarak dari suatu tempat ke Ka'bah

R : Jari-jari bumi (6371.137 km)

d : Jarak dari suatu tempat ke Ka'bah (kilometer)

Dari rumus penentuan arah Kiblat, dapat digunakan rumus sederhana sebagai berikut:

$$\textbf{Cot B} = \tan\varphi^k \times \cos\varphi^x \div \sin C - \sin\varphi^x \div \tan C$$

B adalah arah Kiblat. Jika hasil perhitungan (B) positip arah Kiblat terhitung dari titik Utara, dan jika hasil perhitungan (B) negatip maka arah Kiblat terhitung dari titik Selatan.

ϕ^k adalah Lintang Ka'bah yaitu + 21°25'21. 04".

ϕ^x adalah Lintang yang akan diukur arah Kiblatnya.

λ^k adalah Bujur Ka'bah yaitu 39°49' 34.33". BT

C adalah jarak bujur, yaitu jarak bujur antara Ka'bah dengan bujur tempat yang akan diukur arah Kiblatnya. Sedangkan Rumus Mencari C. Jarak ka'bah s/d daerah yang dihitung arah kiblatnya

1. Jika $BT^x > BT^k$; maka $C = BT^x - BT^k$ (Kiblat = Barat)

   Contoh: $BT^x = 120°50'$

   $C = 120°50' - 39°49'34.33" = 81°00'25.67"$ (Kiblat = Barat)

2. Jika $BT^x < BT^k$; maka $C = BT^k - BT^x$ (Kiblat = Timur)

   Contoh: $BT^x = 20°20'$

   $C = 39°49'34.33" - 20°20' = 19°29'34.33"$ (Kiblat = Timur)

3. Jika $BB^x <$ BB 140°10'25.06" ; maka $C = BB^x + BT^k$

   (Kiblat = Timur)

   Contoh: $BB^x = 120°\ 50'$

   $C = 120°\ 50' + 39°49'34.33" = 160°39'34.03"$

(Kiblat =Timur)

4. Jika BB^x >BB 140°10'25.06" ; maka C = 360° – BB^x – BT^k (Kiblat = Barat)

   Contoh: BB^x = 160° 50'

   C = 360° – 160°50' – 39°49'34.33" = 159°20'25.06" (Kiblat = Barat).

1. Azimuth Kiblat.

Adapun yang di maksud Azimuth Kiblat adalah busur lingkaran horizon atau ufuk dihitung dari titik Utara ke arah Timur (searah perputaran jarum jam) sampai dengan titik Kiblat. Titk Utara azimuthnya 0°, titik Timur azimuthnya 90°, titik Selatan azimuthnya 180°, dan titik Barat azimuthnya 270°.

Rumus Menghitung Azimuth Kiblat

Jika B = UT (+) ; Azimuth Kiblat = B (tetap)

Jika B = UB (+) ; Azimuth Kiblat = 360° – B.

Jika B = ST (-) ; Azimuth Kiblat = 180° – B.
(dengan catatan B dipositipkan)

Jika B = SB (-) ; Azimuth Kiblat = 180° + B.
(dengan catatan B dipositipkan).

2. Perhitungan Arah Kiblat

1) Hitung dan tentukan arah Kiblat untuk Pondok Pesantren Bahrul Huda (Sarangmandi)!

   Diketahui;

   Bujur (λ^x) = 106°01'22,32" BT

   Lintang (ϕ^x) = -2°19'24,33" LS

   Bujur Ka'bah (λ^k) = 39°49'34.33" (BT)

Lintang Ka'bah (ϕ^k) = +21°25'21.04" (LU).

Jawab:

Karena bujur Podok Pesantren berada diwilayah BT disebelah timur Ka'bah, maka C - nya adalah masuk kelompok 1, berati:

C = 106°01'22,32" – 39°49'34.33"

= 66°11'47.99" (Kiblat = Barat).

Memasukkan data ke dalam rumus arah kiblat;

Cot B = tanφ^k × cos φ^x ÷ sin C – sin φ^x ÷ tan C

Cot B = tan 21°25'21.04" × cos -2°19' 24.33" ÷ sin 66°11'47.99" – sin -2°19'24,33" ÷ tan 66°11'47.99"

B = 65°56'45.79" UB (Utara Barat).

Arah kiblat = 24°03'14.21" BU (Barat Utara)

Azimuth kiblat = 294°03'14.21" UTSB

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1. Model I

   Shift Tan (Tan 21°25'21.04" × Cos (-)2°19'24.33" ÷ Sin 66°11'47.99" – Sin (-)2°19'24.33" ÷ Tan 66°11'47.99") X^{-1} = Shift °'"

2. Model II

   Shift Tan (Tan 21°25'21.04" × Cos 2°19'24.33" +/- ÷ Sin 66°11'47.99" – Sin 2°19'24.33" +/- ÷ Tan 66°11'47.99") Shift 1/X = Shift °'"

3. Model III

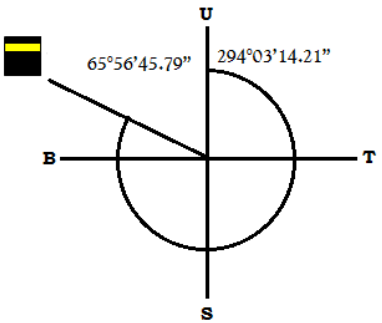
   21°25'21.04" Tan × 2°19' 24.33" +/- Cos ÷ 66°11'47.99" Sin – 2°19'24.33" +/- Sin ÷ 66°11'47.99"Tan = Shift 1/X Shift Tan °'"

4. Model IV

   21.252104 DEG Tan × 2.192433 DEG +/- Cos ÷ 66.114799 DEG Sin – 2.192433 DEG +/- Sin ÷ 66.114799 DEG Tan = 2 Ndf 1/X 2Ndf TAN 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Tan ((Tan (21°25'21.04") × Cos ((-)2°19' 24.33") ÷ Sin (66°11'47.99") – Sin ((-)2°19'24.33") ÷ Tan (66°11'47.99")) X^{-1} = Shift °'"



Gambar; 8. Ilustrasi arah Kiblat di Pondok Pesantren Bahrul Huda

2. Hitung dan tentukan arah kiblat Islamic Center Mataram (NTB) ?

   Diketahui:

   Bujur (λ^x) = 116°6'2.18" BT.

   Lintang (ϕ^x) =- 8°34'47.65" LS. [60]

   Bujur Ka'bah (λ^k) = 39°49'34.33" (BT)

   Lintang Ka'bah (ϕ^k) = +21°25'21.04" (LU)

   Jawab:

60 Diambil dari Google Earth, 2016, ditas kubah inti Islamic Center

Karena bujur Islamic Center Mataram (Mataram) berada diwilayah BT di sebelah Timur Ka'bah, maka C -nya adalah masuk kelompok 1, berati:

C = 116°6'2.18" – 39°49'34. 33"

= 76°16'27.85" (Kiblat = Barat).

Memasukkan data ke dalam rumus arah kiblat;

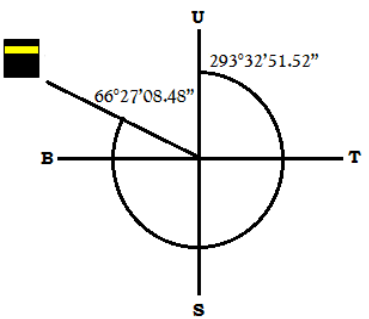
Cot B = tanφ^k × cos φ^x ÷ sin C – sin φ^x ÷ tan C

Cot B = tan 21°25'21.04" × cos -8°34'47.65" ÷ sin 76°16'27.85" – sin -8°34'47.65" ÷ tan 76°16'27.85"

B = 66°27'08.48" UB (Utara Barat).

Arah kiblat = 23°32'51.52 (BU) (Barat Utara)

Azimuth kiblat = 293°32'51.52" (UTSB)



Gambar; 9 .Ilustrasi arah Kiblat di Islamic Center Mataram

3. Hitung dan tentukan arah kiblat STAIN Al-Fatah Jayapura!

Diketahui;

Bujur (λ^x) = 140°38'16.71" (BT)

Lintang (ϕ^x) = -2°34'54.16" (LS)[61]

61 Diambil dari Google Earth, 31 Maret 2017, ditas STAIN Al-Fatah jayapura

Bujur Ka'bah (λ^k) = 39°49'34.33" (BT)

Lintang Ka'bah (ϕ^k) = +21°25'21.04" (LU)

Jawab:

Karena bujur STAIN Al-Fatah Jayapura berada diwilayah BT disebelah timur Ka'bah, maka C -nya adalah masuk kelompok 1, berati:

C = 140°38'16.71" – 39°49'34. 33"

= 100°38'42.3" (Kiblat = Barat).

Memasukkan data ke dalam rumus arah kiblat;

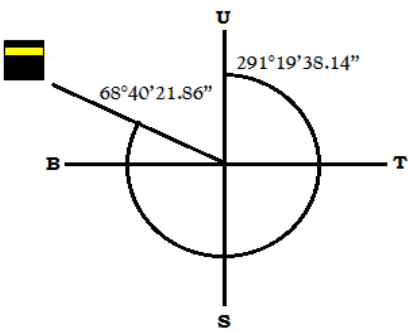
Cot B = tanφ^k × cos φ^x ÷ sin C – sin φ^x ÷ tan C

Cot B = tan 21°25'21.04" × cos -2°34'54.16" ÷ sin 100°38' 42.3" – sin -2°34'54.16" ÷ tan 100°38' 42.3"

B = 68°40'21.86" UB (Utara Barat).

Arah kiblat = 21°19'38.14" (BU)

Azimuth kiblat = 291°19'38.14" (UTSB)



Gambar; 10. Ilustrasi arah Kiblat di IAIN Al-Fatah Jayapura

Gambar posisi arah kiblat di Indonesia pada peta Bumi sebagai berikut:

Gambar; 11. Ilustrasi arah kiblat di Indonesia

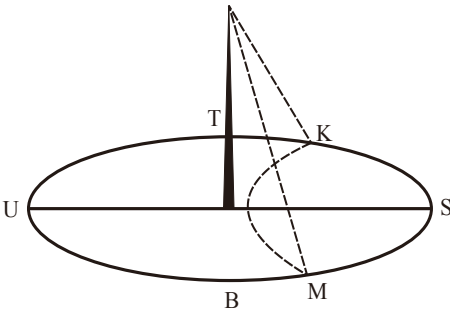
3. Aplikasi Azimuth Kiblat

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa Arah Kiblat Pondok Pesantren BHD adalah = 65°56'45.79" UB (Utara Barat). Pertanyaan berikutnya, berapakah Azimuth Kiblat Pondok Pesantren itu? Azimuth Kiblat = 360° – 65°56'45.79" = 294°03'14.21" UTSB atau 90 – 65°56'45.79" = 24°03'14.21" BU (Barat Utara).

Untuk mengfungsikan hasil hisab tersebut, maka langkah yang dapat dilakukan adalah:

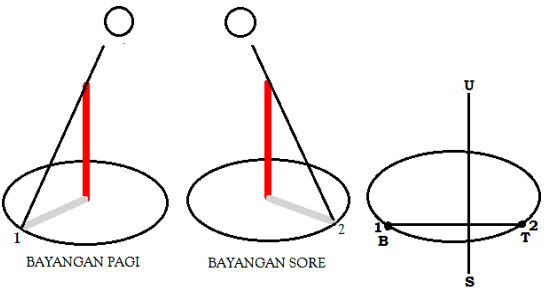
Pertama, mengetahui arah Utara sebenarnya (*true North*) terlebih dahulu dapat dilakukan dengan tongkat istiwa' melalui bantuan posisi Matahari. Di antara cara-cara tersebut di atas yang paling mudah, murah, dan memperoleh hasil yang teliti adalah dengan mempergunakan tongkat *istiwa'* yang dilakukan pada siang hari. [62]

62 Bayangan tongkat istiwa' membentuk kurva dengan lokasi berada pada daerah selatan khatulistiwa. Titik T adalah awal mula Matahari terbit dan sinar Matahari mulai menyentuh ujung tongkat sehingga membentuk bayangan di arah barat. Dalam hal ini bayangan tongkat yang menyentuh lingkaran dapat diberi tanda titik (misalnya M). Semakin siang, Matahari mendekati titik kulminasi (mendekati waktu zuhur) bayangan tongkat semakin pendek dan membentuk bayangan terpendek pula. Hingga akhirnya Matahari melewati zenit



Gambar; 12. Bayangan tongkat istiwa' membentuk kurva harian

Tongkat *istiwa'* bekerja secara otomatis membentuk bayangan tergantung posisi Matahari. Ketika Matahari terbit dan sinarnya mengenai tongkat yang lurus, sehingga akan terbentuk panjang bayangan yang bisa sampai melebihi panjang tongkat bergantung pada posisi Matahari di langit. Semakin siang, bayangan tongkat akan memendek seiring dengan posisi Matahari menuju titik kulminasi. Kemudian pada saat Matahari benar-benar berada di atas tongkat (kulminasi) akan membentuk panjang bayangan yang hampir menyentuh titik pusat tongkat tersebut. Begitupula pada saat Matahari akan terbenam, panjang bayangan akan mulai memanjang bahkan bisa sampai melebihi dari panjang tongkatnya.



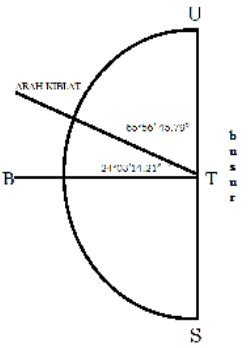
Gambar; 13. Mennetukan Utara Sejati dengan bayangan Matahari

---

di tempat itu dan membentuk bayangan sedikit demi sedikit hingga akhirnya memanjang kembali. Ketika Matahari akan terbenam, bayangan tongkat menyentuh lingkaran untuk kedua kalinya dan bisa diberi tanda (misalnya K). Kedua titik yang menyentuh lingkaran dapat dihubungkan dan akan ditemukan arah barat timur sejati dan utara selatan sejati.

Caranya untuk mengaplikasikannya yaitu tancapkan sebuah tongkat lurus pada sebuah pelataran datar yang berwarna putih cerah. Panjang tongkat 30 cm diameter 1 cm (misal). Ukurlah dengan lot dan atau waterpass, sehingga pelataran ditemukan benar-benar datar dan tongkat betul-betul tegak lurus terhadap pelataran. Lalu gambarlah sebuah lingkaran berjari-jari sekitar 20 cm berpusat pada pangkal tongkat. Amati dengan teliti bayang-bayang tongkat beberapa jam sebelum tengah hari sampai sesudahnya. Semula tongkat akan mempunyai bayang-bayang panjang menunjuk ke arah Barat. Semakin siang, bayang-bayang semakin pendek, lalu berubah arah sejak tengah hari. Kemudian semakin lama bayang-bayang akan semakin panjang lagi menunjuk arah Timur. Perjalanan seperti itu, ujung bayang-bayang tongkat akan menyentuh lingkaran 2 kali pada 2 tempat, yaitu sebelum tengah hari dan sesudahnya. Kedua sentuhan itu kita beri tanda, lalu dihubungkan satu sama lain dengan garis lurus. Garis tersebut merupakan garis arah Barat Timur secara tepat. Gambarlah garis tegak lurus (90 derajat) pada garis Barat Timur tersebut, maka akan diperoleh garis Utara Selatan yang persis menunjuk titik utara sejati.

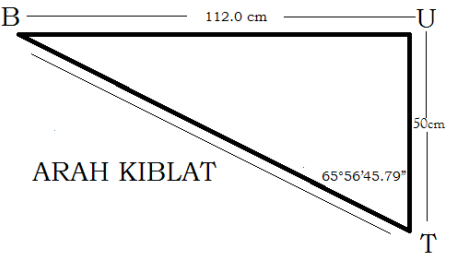
Kedua, setelah kita mendapatkan arah Utara Selatan yang akurat, kita dapat mengukur arah kiblat dengan cara :



Gambar;14. Penetuan arah kiblat dengan menggunakan busur

Bantuan busur derajat atau rubu' mujayyab atau busur dengan mengambil posisi 24°03'14.21" dari titik Barat ke Utara atau 65°56'45.79" dari titik Utara ke Barat.

Pengukuran arah kiblat dapat p[ula dilakukan dengan garis segitiga siku, yakni setelah ditemukan arah Utara Selatan, maka buat garis datar 50 cm (sebut saja titik A sampai B). Kemudian dari titik B, dibuat garis persis tegak lurus ke arah Barat (sebut saja B sampai C). Dengan mempergunakan perhitungan goniometris, yakni tangen 65°56'45.79" x 50cm, maka akan diketahui panjang garis ke arah Barat (titik B sampai titik C), yakni 112.0178687 cm. Kemudian kedua ujung garis titik A ditemukan dengan garis titik C jika dihubungkan membentuk garis, dan itulah garis arah kiblat.



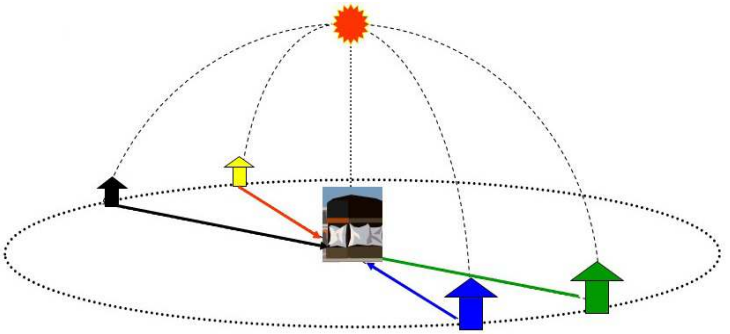
Gambar; 15. Penetuan arah kiblat menggunakan segitiga siku-siku

4. Rashdul Kiblat

Rashdul kiblat semakna dengan jalan ke kiblat, karena pada pada waktu itu bayang-bayang benda yang mengenai suatu tempat menunjukkan arah kiblat. Adapun yang dimaksud dengan bayang-bayang matahari ke arah kiblat adalah bayangan benda yang berdiri tegak dan di tempat yang datar pada saat tertentu (sesuai hasil perhitungan) menunjukkan (mengarah) arah kiblat.

Rashdul kiblat ada dua jenis, yaitu; Rashdul Kiblat Tahunan dan Rashdul Kiblat Harian. Rashdul Kiblat Tahunan ditetapkan

tanggal 27/28 Mei dan tanggal 15/16 Juli pada tiap-tiap tahun sebagai *"Yaumur Rashdil Kiblah"*.



Gambar: 16. Yaumur Rashdil Kiblah, pada Tanggal 28 Mei, pukul 09j 17m 56d GMT, dan Tanggal 16 Juli, pukul 09j 26m 43d GMT

Sedangkan untuk Rashdul Kiblat harian bisa dicari dengan menggunakan perhitungan. Adapun rumus-rumus untuk mengetahui kapan bayang-bayang matahari ke arah kiblat pada setiap harinya adalah:

1. Rumus Mencari Sudut Pembantu (U)

   $\text{Cot } U = \tan B \times \sin \phi^x$

2. Rumus Mencari Sudut Waktu (t)

   $\text{Cos } (t\text{-}U) = \tan \delta\odot \times \cos U \div \tan \phi^x$

3. Rumus Menentukan Arah Kiblat Dengan Waktu Hakiki (WH)

   WH = pk. 12 + t (jika B = UB / SB)

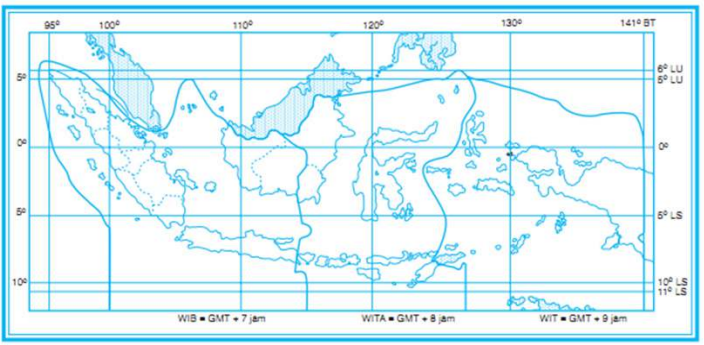
   = pk. 12 – t (jika B = UT / ST)

4. Rumus Mengubah Dari Waktu Hakiki (WH) ke Waktu Daerah/*Local Mean Time* (WIB, WITA, WIT)

Keterangan:

1. U adalah sudut pembantu (proses).
2. t-U ada dua kemungkinan, yaitu positip dan negatip. Jika U negatip (-), maka t-U tetap positip. Sedangkan jika U positip (+), maka t-U harus diubah menjadi negatip.
3. t adalah sudut waktu matahari saat bayangan benda yang berdiri tegak lurus menunjukkan arah kiblat.
4. δ^m adalah deklinasi matahari. Untuk mendapatkan hasil yang akurat tentu tidak cukup sekali. Tahap awal menggunakan data pukul 12 WD (pk.12 WIB = pk.05 GMT), Tahap kedua diambil sesuai hasil perhitungan data tahap awal dengan menggunakan interpolasi.
5. WH adalah Waktu Hakiki, orang sering menyebut waktu istiwak, yaitu waktu yang didasarkan kepada peredaran matahari hakiki dimana pk. 12.00 senantiasa didasarkan saat matahari tepat berada di miridian atas.
6. WD adalah Singkatan dari Waktu Daerah yang juga disebut LMT singkatan dari Local Mean Time, yaitu waktu pertengahan untuk wilayah Indonesia, yang meliputi Waktu Indonesia Barat (WIB) Waktu Indoneia Tengah (WITA) dan Waktu Indonesia Timur (WIT).
7. e adalah *Equation of Time* (Perata Waktu atau *Daqoiq ta'dil al-zaman*). Sebagaimana deklinasi Matahari, Untuk mendapatkan hasil yang akurat tentu tidak cukup sekali. Tahap awal menggunakan data pukul 12 WD (pk.12 WIB = pk.05 GMT), Tahap kedua

diambil sesuai hasil perhitungan data tahap awal dengan menggunakan interpolasi.



Gambar: 17. Pembagian waktu di Indonesia

8. BT^d adalah Bujur Daerah, WIB = 105°, WITA = 120° dan WIT = 135°.

8. Menghitung Bayang-Bayang Matahari Ke Arah Kiblat

1) Soal, pukul berapa (dalam WIB) bayang-bayang Matahari menunjukkan arah kiblat di Pondok BHD Bangka pada tanggal 23 November 2013?

Bujur (λ^x) = 106°01'22.32" (BT)

Lintang (ϕ^x) = -2°19'24.33" (LS)

Sedangakan B (arah Kiblat) Pondok BHD Sarangmandi

= 65°56'45.79" (UB)

Jawab 1:

Cot U = tan B × sin ϕ^x

Cot U = tan 65°56'45.79" × sin -2°19'24.33"

Berarti U (sudut pembantu) **= - 84°48'37.31"**

¤ **Cara Penyelesaian Kalkulator**

1. Model I

   Shift Tan (Tan 65°56'45.79" × Sin (-)2°19'24.33") X-1 = Shift°'"

2. Model II

   Shift Tan (Tan 65°56'45.79" × Sin 2°19'24.33" +/-) Shift 1/X = Shift°'"

3. Model III

   65°56'45.79" Tan × 2°19'24.33" +/- Sin = Shift 1/X Shift Tan °'"

4. Model IV

   65.564579 DEG Tan × 2.192433 DEG +/- Sin = 2Ndf 1/X 2Ndf Tan 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Tan ((Tan(65°56'45.79") × Sin ((-)2°19'24.33")) X-1) = Shift°'"

√ Tanggal 23 November 2013 (Sofwere Winhisab version 2.0)

Pk. 12.00 WIB / 05 GMT

Deklinasi Matahari ($\delta\odot$) = -20°22'06"

Equesion of Time (e) = $0^j\ 13^m\ 38^d$

Cos (t–U) = tan $\delta\odot$ × cos U ÷ tan ϕ^x

Cos (t–U) = tan -20°22'06" × cos 84°48'37.31" ÷ tan -2°19'24.33"

Berarti t–U = **34°08'19.25"**

U = -84°48'37.31"

(karena U negatip (-), maka t-U tetap positip)

t–U = 34°08'19.31"

= -84°48' 37.31" +

= -50°40'18.06" ÷ 15

= -3^{j} 22^{m} 41.2^{d} (muncul sebagai t)

¤ **Cara Penyelesaian Kalkulator**

1. Model I

   Shift Cos (Tan (-)20°22'06" × Cos 84°48'37.31" ÷ Tan (-)2°19'24,33") = Shift °'"

2. Model II

   Shift Cos (Tan 20°22'06" +/- × Cos 84°48'37.31" ÷ Tan 2°19'24,33" +/-) = Shift °'"

3. Model III

   20°22'06" +/- Tan × 84°48'37.31" Cos ÷ 2°19'24,33" +/- Tan = Shift Cos Shift °'"

4. Model IV

   20.2206 DEG +/- Tan × 84.483731 DEG Cos ÷ 2.192433 DEG +/- Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Cos (Tan ((-)20°22'06") × Cos (84°48'37.31") ÷ Tan ((-) 2°19'24,33")) = Shift °'"

   Bayang-bayang Matahari ke arah kiblat (taqriby):

   WH = pk. 12 + t

   = pk. 12 + (-3^{j} 22^{m} 41.2^{d})

   = **pk. 08:37:18,8 WH**

   WD (LMT) = WH – e + (BT^{d} – BT^{x}) ÷ 15

   WIB = pk. 08:37:18,8 – 0^{j} 13^{m} 38^{d} + (105° – 106°01'22,32") ÷15

   = pk. 08:19:35,31 WIB

2) Soal, pukul berapa (dalam WITA) bayang-bayang Matahari menunjukkan arah Kiblat di Islamic Center Mataram pada tanggal 23 November 2013 M ?

Bujur (λ^x) = 116°6'2.18" BT.

Lintang (ϕ^x) =- 8°34'47.65" LS.

Sedangakan B (arah Kiblat) Islamic Center Mataram (NTB) = **66°27'08.48" (UB)**

Jawab 2:

Cot U = tan B × sin ϕ^x

Cotan U = tan 66°27'08.48" × sin -8°34'47.65"

Berarti U (sudut pembantu) **= - 71°06'08.34"**

√ Tanggal 23 November 2013 (Sofwere Winhisab version 2.0)

Pk. 12.00 WITA / 04 GMT

Deklinasi Matahari ($\delta\odot$) = -20°21'35"

Equesion of Time (e) = 0^j 13^m 39^d

Cos (t–U) = tan $\delta\odot$ × cos U ÷ tan ϕ^x

Cos (t–U) = tan -20°21'35" × cos 71°06'08.34" ÷ tan -8°34'47.65"

Berarti t–U = **37°11'31.92"**

U = -71°06'08.34"

(karena U negatip (-), maka t-U tetap positip)

t–U = **37°11'31.92"**

= -71°06'08.34"+

= -33°54' 36.42" ÷15

= -2^j 15^m 38.43^d (muncul sebagai t)

Bayang-bayang Matahari ke arah kiblat (*taqriby*):

WH = pk. 12 + t

= pk. 12 + (-**2^{j} 15^{m} 38.43^{d}**)

= pk. **9^{j} 44^{m} 21.57^{d}** WH

WD (LMT) = WH – e + (BT^{d} – BT^{x}) ÷ 15

WITA =pk.**9^{j}44^{m}21.57^{d}**–0^{j}13^{m}39^{d}+(120°–116°6’2.18”)÷15

= pk. 09: 46:18,43 WITA

3) Soal, pukul berapa (dalam WIT) bayang-bayang Matahari menunjukkan arah kiblat di STAIN Al-Fatah Jayapura pada tanggal 23 November 2013 M?

Bujur (λ^{x}) = 140°38’16.71” BT.

Lintang (ϕ^{x}) = -2°34’54.16” LS.

Sedangakan B (arah Kiblat) STAIN Al-Fatah Jayapura

= 68°40’21.86” (UB)

Jawab 3:

Cot U = tan B × sin ϕ^{x}

Cot U = tan 68°40’21.86” × sin -2°34’54.16”

Berarti U (sudut pembantu) = **-83°25’07.98“**

√ Tanggal 23 November 2013 (Sofwere Winhisab version 2.0)

Pk. 12.00 WIT / 03 GMT

Deklinasi Matahari ($\delta\odot$) = -20°21’03”

Equesion of Time (e) = 0^{j} 13^{m} 40^{d}

Cos (t–U) = tan $\delta\odot$ × cos U ÷tan ϕ^{x}

Cos (t–U) = tan -20°21’03” × cos 83°25’07.98“ ÷ tan -2°34’54.16”

Berarti t–U = **19°28'17.55"**

U = -83°25'07.98"

(karena U negatip (-), maka t-U tetap positip)

t–U = **19°28'17.55"**

= -83°25'07.98" +

= -63°56'50.44" ÷15

= **-4^{j} 15^{m} 47.37^{d}** (muncul sebagai t)

Bayang-bayang Matahari ke arah kiblat (*taqriby*):

WH = pk. 12 + t

= pk. 12 + (**-4^{j} 15^{m} 47.37^{d}**)

= **pk. 7^{j} 44^{m} 12.63^{d} WH**

WD (LMT)= WH – e + (BT^{d} – BT^{x}) ÷ 15

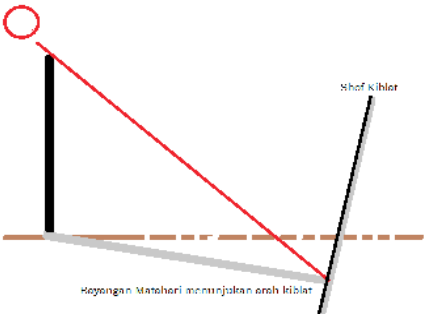
WIT = pk. **7^{j} 44^{m} 12.63^{d}** – 0^{j} 13^{m} 40^{d} + (135° – 140°38'16.71") ÷15

= pk. 07:07:59,52 WIT

6. Aplikasi Rasdul Kiblat

Langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah sebagai berikut:

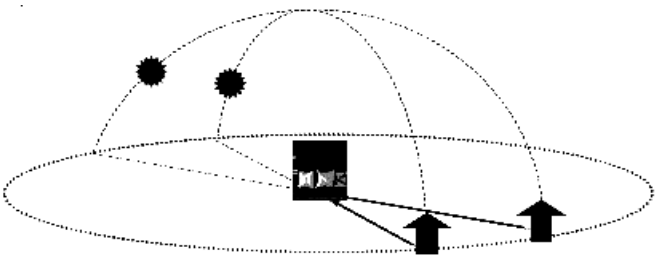
1. Cocokkan jam yang akan digunakan dengan jam radio RRI yang di kontrol oleh Badan Meteorologi, WEB JAM BMKG



Gambar; 18. Rasdul kiblat harian

2. Pilih tempat yang tidak terlindung dari sinar matahari. Tancapkan tongkat tegak lurus. Untuk memastikannya dapat digunakan benang yang diberi beban diujung bawahnya.

3. Tepat pada waktunya yaitu jam bayang-bayang yang ditunjukkan persis berlawanan arah dengan arah kiblat, karena bayang-bayang tiang akan jatuh ke arah Timur atau ke Barat sesuai tanggal yang dinginkan (pagi atau sore). Selain dari tongkat yang ditancapkan, dapat juga digunakan bayang-bayang dari benda yang telah berdiri tegak, semisal tiang bendera, tiang lampu atau sisi-sisi rumah yang tegak. Hindari pengukuran rasdhul kiblat pada jam yang mendekati jarak zenit (jam 11:00., 12:00., 13:00), karena bayangan matahari pendek.



Gambar; 19. Ilustrasi posisi Matahari kEtika melintasi Ka'bah

(Rashdul Kiblat harian)

4. Soal, hitung dan tentukan arah Kiblat untuk Islamabad Pakistan ?

Diketahui;

Bujur (λ^x) = 73°08' BT

Lintang (ϕ^x) = 33°39' LU

Bujur Ka'bah (λ^k) = 39°49'34.33" (BT)

Lintang Ka'bah (ϕ^k) = +21°25'21.04" (LU).

Jawab:

Karena bujur Islamabad Pakistan berada diwilayah BT di sebelah Timur Ka'bah, maka C - nya adalah masuk kelompok 1, berati:

C = 73°08' – 39°49'34.33"

= 33°18'28.67" (Kiblat = Barat).

Memasukkan data ke dalam rumus arah kiblat;

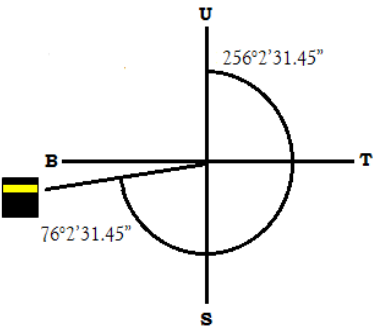
Cot B = tanϕ^k × cos ϕ^x ÷ sin C – sin ϕ^x ÷ tan C

Cot B = tan 21°25'21.04" × cos 33°39' ÷ sin 33°18'28.67" – sin 33°39' ÷ tan 33°18'28.67"

B = 76°2'31.45" SB (Selatan Barat).

Arah kiblat = 13°57'28.55 BS (Barat Selatan)

Azimuth kiblat = 256°2'31.45" UTSB



Gambar; 20. Ilustrasi arah Kiblat di Islamabad Pakistan

5) Contoh Hitung dan tentukan arah Kiblat untuk Ankara Turki ?

Diketahui;

Bujur (λ^x) = 32°50' BT

Lintang (ϕ^x) = 39°54' LU

Bujur Ka'bah (λ^k) = 39°49'34.33" (BT)

Lintang Ka'bah (ϕ^k) = +21°25'21.04" (LU)

Jawab:

Karena bujur Ankara Turki berada diwilayah BT disebelah timur Ka'bah, maka C - nya adalah masuk kelompok 2, berati:

C = 39°49'34. 33" – 32°50'

= 6°59'34.33" (Kiblat = Timur).

Memasukkan data ke dalam rumus arah kiblat;

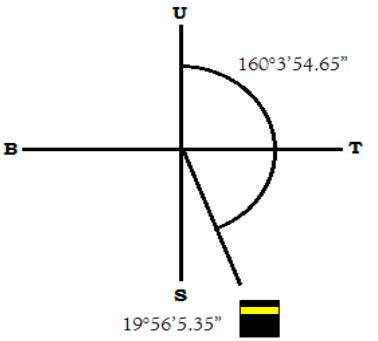
Cot B = tanϕ^k × cos ϕ^x ÷ sin C – sin ϕ^x ÷ tan C

Cot B = tan 21°25'21.04" × cos 39°54' ÷ sin 6°59'34.33" – sin 39°54' ÷ tan 6°59'34.33"

B = 19°56'5.35" ST (Selatan Timur).

Arah kiblat = 70°3'54.65 TS (Timur Selatan)

Azimuth kiblat = 160°3'54.65" UTSB



Gambar; 21. Ilustrasi arah Kiblat di Ankara Turki

1. Soal, hitung dan tentukan arah Kiblat untuk Los Angeles?

   Diketahui;

   Bujur (λ^x) = 118°15' (BB)

   Lintang (ϕ^x) = 34°02' (LU)

   Bujur Ka'bah (λ^k) = 39°49'34.33" (BT)

   Lintang Ka'bah (ϕ^k) = +21°25'21.04" (LU).

   Jawab:

   Karena bujur Los Angeles USA berada diwilayah BT disebelah timur Ka'bah, maka C - nya adalah masuk kelompok 3, berati:

   C = 39°49'34. 33" + 118°15'

   = 152°4'34.33" (Kiblat = Timur).

Memasukkan data ke dalam rumus arah kiblat;

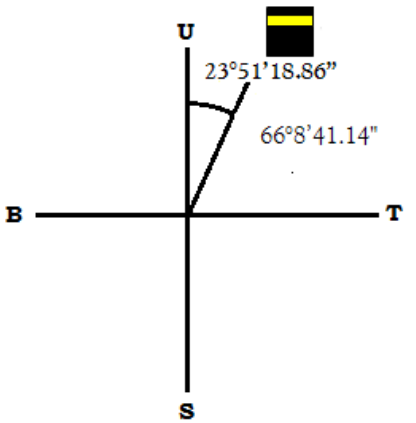
Cot B = tanϕ^k × cos ϕ^x ÷ sin C – sin ϕ^x ÷ tan C

Cot B = tan 21°25'21.04" × cos 34°02' ÷ sin 6°59'34.33" – sin 34°02' ÷ tan 6°59'34.33"

B = 23°51'18.86" UT (Utara Timur).

Arah kiblat = 66°8'41.14 TU (Timur Utara)

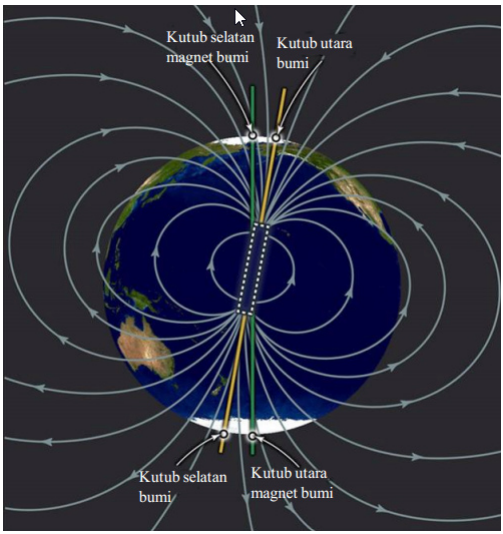
Azimuth kiblat = 23°51'18.86" UTSB



Gambar; 22. Ilustrasi arah Kiblat di Los Angeles USA

Pada saat melakukan penetuan atau pengecekan arah kiblat (Masjid/Mushala/Langgar) hindari pengukuran penentuan dengan menggunakan alat kompas, baik yang sudah ada bagunan atau baru akan dibangan. Hal ini bermasud untuk kehati-hatian, karena arah Utara yang ditunjukan pada kompas, bukanlah Utara sejati atau sebenarnya, melainkan Utara magnet Bumi. Selain itu, kompas juga terpengaruh oleh medan magnet berupa benda logam yang ada disekitarnya, apalagi di dalam ruangan masjid yang dikelilingi oleh kerangka baja, maka akan sangat mempengaruhinya.

Untuk menghindari hal tersebut, maka perlu memperhitungkan berapa variasi magnetik di daerah yang akan diukur untuk menghindari kesalahan juga melakukan kalibrasi sebagai bahan pertimbangan supaya hasilnya lebih baik dan benar.



Gambar; 23. Kutub magnet Bumi

DATA MATAHARI

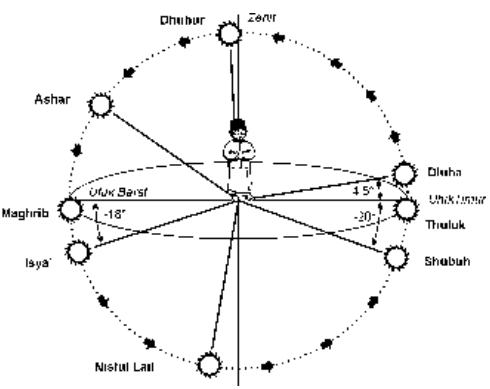
Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	240° 51' 09"	-0.92"	238° 42' 16"	-20° 19' 30"	0.9875124	16'11.76"	23° 26' 07"	13 m 42 s
1	240° 53' 40"	-0.92"	238° 44' 55"	-20° 20' 01"	0.9875046	16'11.77"	23° 26' 07"	13 m 41 s
2	240° 56' 12"	-0.92"	238° 47' 33"	-20° 20' 32"	0.9874968	16'11.78"	23° 26' 07"	13 m 40 s
3	240° 58' 43"	-0.92"	238° 50' 11"	-20° 21' 03"	0.9874890	16'11.79"	23° 26' 07"	13 m 40 s
4	241° 01' 15"	-0.92"	238° 52' 49"	-20° 21' 35"	0.9874812	16'11.80"	23° 26' 07"	13 m 39 s
5	241° 03' 46"	-0.92"	238° 55' 27"	-20° 22' 06"	0.9874734	16'11.80"	23° 26' 07"	13 m 38 s
6	241° 06' 18"	-0.92"	238° 58' 06"	-20° 22' 37"	0.9874656	16'11.81"	23° 26' 07"	13 m 38 s
7	241° 08' 50"	-0.92"	239° 00' 44"	-20° 23' 08"	0.9874578	16'11.82"	23° 26' 07"	13 m 37 s
8	241° 11' 21"	-0.92"	239° 03' 22"	-20° 23' 39"	0.9874501	16'11.83"	23° 26' 07"	13 m 36 s
9	241° 13' 53"	-0.92"	239° 06' 01"	-20° 24' 10"	0.9874423	16'11.83"	23° 26' 07"	13 m 36 s
10	241° 16' 24"	-0.92"	239° 08' 39"	-20° 24' 41"	0.9874345	16'11.84"	23° 26' 07"	13 m 35 s
11	241° 18' 56"	-0.92"	239° 11' 17"	-20° 25' 12"	0.9874268	16'11.85"	23° 26' 07"	13 m 34 s
12	241° 21' 28"	-0.92"	239° 13' 56"	-20° 25' 43"	0.9874190	16'11.86"	23° 26' 07"	13 m 33 s
13	241° 23' 59"	-0.92"	239° 16' 34"	-20° 26' 13"	0.9874113	16'11.86"	23° 26' 07"	13 m 33 s
14	241° 26' 31"	-0.92"	239° 19' 12"	-20° 26' 44"	0.9874036	16'11.87"	23° 26' 07"	13 m 32 s
15	241° 29' 02"	-0.92"	239° 21' 51"	-20° 27' 15"	0.9873959	16'11.88"	23° 26' 07"	13 m 31 s
16	241° 31' 34"	-0.92"	239° 24' 29"	-20° 27' 46"	0.9873881	16'11.89"	23° 26' 07"	13 m 31 s
17	241° 34' 06"	-0.92"	239° 27' 08"	-20° 28' 16"	0.9873804	16'11.89"	23° 26' 07"	13 m 30 s
18	241° 36' 37"	-0.91"	239° 29' 46"	-20° 28' 47"	0.9873727	16'11.90"	23° 26' 07"	13 m 29 s
19	241° 39' 09"	-0.91"	239° 32' 25"	-20° 29' 18"	0.9873651	16'11.91"	23° 26' 07"	13 m 28 s
20	241° 41' 40"	-0.91"	239° 35' 03"	-20° 29' 48"	0.9873574	16'11.92"	23° 26' 07"	13 m 28 s
21	241° 44' 12"	-0.91"	239° 37' 42"	-20° 30' 19"	0.9873497	16'11.93"	23° 26' 07"	13 m 27 s
22	241° 46' 44"	-0.91"	239° 40' 20"	-20° 30' 49"	0.9873420	16'11.93"	23° 26' 07"	13 m 26 s
23	241° 49' 15"	-0.91"	239° 42' 59"	-20° 31' 20"	0.9873344	16'11.94"	23° 26' 07"	13 m 26 s
24	241° 51' 47"	-0.91"	239° 45' 38"	-20° 31' 50"	0.9873267	16'11.95"	23° 26' 07"	13 m 25 s

*) for mean equinox of date

Data Matahari Tanggal 23 November 2013 (Ephimeris)

BAB 5

HISAB AWAL WAKTU SALAT



Gambar; 1. Kedudukan Matahari pada awal waktu Salat

Matahari bersinar setiap hari, terbit pagi hari di ufuk Timur, mencapai posisi tertinggi di langit pada siang hari, dan terbenam sore hari di ufuk Barat. Pada malam hari, Matahari berada di bawah ufuk, lalu keesokan hari di pagi hari, dan kembali muncul di pagi hari.

Keteraturan ini terjadi setiap hari dan dapat dipelajari oleh manusia. Apabila diperhatikan, waktu terbit dan terbenam Matahari setiap hari selalu berubah meskipun kecil. Demikian pula posisi Matahari saat terbit dan terbenam.[63]

Apabila sepintas diperhatikan, benda langit seolah berada pada lengkungan langit yang nampak terbentang di atas kita dengan bangunan yang terlihat seperti setengah lingkaran bola, dengan memperhatikan Matahari, Bulan, dan bintang yang terbit dan terbenam secara beraturan setiap harinya yang tidak berubah. Sedangkan kita seolah-oleh berada di pusatnya dan inilah yang dinamakan bola langit.[64]

Oleh karena itu, kedudukan sebuah benda langit selalu ditentukan oleh lingkaran dasar utamanya dan titik asalnya. Pada bola langit dikenal dengan tiga buah lingkaran, yaitu lingkaran horizon, lingkaran ekuator, dan lingkaran ekliptika[65]. Benda langit dapat dinyatakan dalam sistem koordinat itu tergantung pada dasar utama dan titik asal yang digunakan.[66]

Ketinggian Matahari dalam waktu salat terkait erat dengan sistem koordinat horizon. Pada sistem koordinat ini, pusat koordinat adalah posisi pengamat (bujur dan lintang) yang terletak di permukaan Bumi. Kadang ketinggian pengamat dari permukaan Bumi juga ikut diperhitungkan,[67] (Anugraha, 2012: 53), karena di mana posisi pengamat akan berpengaruh terhadap letak suatu benda langit. Hal inilah yang menggambarkan seolah-olah kita berada dalam sebuah bola besar, bahwa lingkaran yang melalui UTSB adalah lingkaran horizon atau ufuk atau kaki langit atau cakrawala. Perhatikan gambar di bawah ini:

---

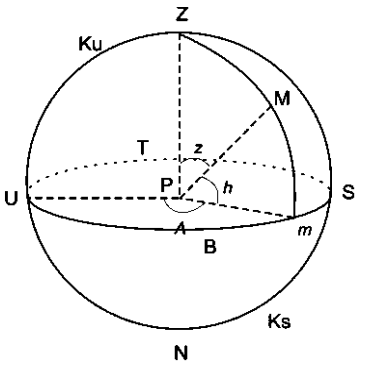
63 Rinto Anugraha, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2012. hlm, 63.

64 ....., *Ilmu Falak I Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011. hlm, 34.

65 *Lingkaran bola langit yang dibentuk oleh lintasan Matahari semu tahunan mengelilingi Bumi. Sebetulnya ekliptika itu sendiri adalah lingkaran yang ditempuh oleh gerak semu Matahari secara tahunan. Oleh karena itu, Matahari selalu berada di lingkaran ekliptika.* Dalam lingkaran ini Matahari terlihat bergeser dari arah Barat ke arah Timur. Menurut Hipparcus (seorang peneliti astronomi), Matahari mempunyai keterlambatan 36" setahun dalam mencapai posisi titik aries (*vernal ekuinox*). *Namun oleh karena jalannya tidak rata persis, maka ada sedikit geseran. Keadaan seperti ini dapat dilihat dari nilai lintang ekliptika atau ecliptic latitude yang selalu mendekati nol.*

66 Den H. G Hollander, *Ilmu Falak*, Jakarta: J.B. Wolters, 1951. hlm, 7.

67 ....., *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2012. hlm, 53.



Gambar; 2. Kedudukan bola langit

Sebuah lingkaran besar yang membentuk bidang datar dengan kita, mulai ke kanan, ke kiri, ke depan, dan ke belakang, semuanya membentuk jarak yang sama dengan kita. Pada lingkaran besar ini seolah-olah langit dan Bumi bertemu.[68] Sistem koordinat horizon di antaranya posisi sebuah benda langit, di antaranya azimut, dan tinggi benda langit atau bintang, dan jarak zenit (*bu'du as-sumti*)[69] bintang. Azimut bintang[70] adalah sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik pusat dengan titik utara melalui titik timur yang menghubungkan antara titik pusat dengan proyeksi bintang sepanjang horizon

68 ....., *Ilmu Falak I Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011. hlm, 41.

69 Jarak zenit adalah jarak dari titik zenit ke titik pusat suatu bintang yang diukur melalui lingkaran vertikal yang melalui titik pusat bintang tersebut. Jarak zenit biasanya ditandai dengan huruf Z. Jarak zenit yang terkecil 0° bila berada di titik zenit. Sedangkan jarak zenit yang paling besar adalah 180° yang berada pada titik nadir.

70 Azimut bintang diukur sepanjang busur horizon langit dari titik Utara ke arah Timur (U-T) sampai perpotongannya dengan lingkaran vertikal yang melewati benda langit yang bersangkutan. Harga azimut berkisar dari 0 derajat sampai 360 derajat. Tinggi benda langit diukur sepanjang busur lingkaran vertikal yang melalui benda langit yang bersangkutan, mulai dari horizon langit ke arah zenit (positif) atau ke arah nadir (negatif) sampai ke benda langit. Harga tinggi benda langit berkisar dari 0 derajat sampai +90 derajat untuk benda langit yang berada di atas horizon dan dari 0 derajat sampai –90 derajat untuk benda langit yang berada di bawah horizon

searah dengan perputaran arah jarum jam (berkisar antara 0° sampai 360°).[71]

Azimut adalah sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan pengamat dengan titik Utara (garis PU) dan garis yang menghubungkan pengamat dengan proyeksi benda langit M pada horizon (titik m) atau sama dengan busur Um. Dalam pengukurannya dimulai dari titik utara (U) ke sebelah timur (searah dengan jarum jam) menelusuri lingkaran horizon dan dihitung melalui dari 0° sampai 360°. Apabila azimut berharga 90°, maka lintang tersebut berada di lingkaran vertikal utama, yaitu lingkaran vertikal yang melalui titik timur dan barat.

Tinggi bintang ialah sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan antara titik pusat dengan proyeksi bintang dengan garis yang menghubungkan antara titik pusat dengan bintang. Tinggi (bintang) di atas ufuk nilainya positif dari 0° sampai + 90° dan di bawah ufuk nilainya negatif antara 0° sampai -90°.[72]

Berdasarkan definisi di atas, maka tinggi Matahari dijadikan parameter untuk menentukan waktu-waktu salat. Akan tetapi, untuk mempermudah dalam perhitungan, maka dari definisi seberapa ketinggian Matahari sangat diperlukan masing-masing waktu salat, di antaranya adalah sebagai berikut:

1. Waktu Zuhur

Waktu Zuhur secara astronomis adalah ketika Matahari tergelincir[73], maka dapat dikatakan bahwa Matahari sedang berkulminasi atas, yaitu ketika Matahari meninggalkan meridian[74]. Artinya, pada saat titik pusat

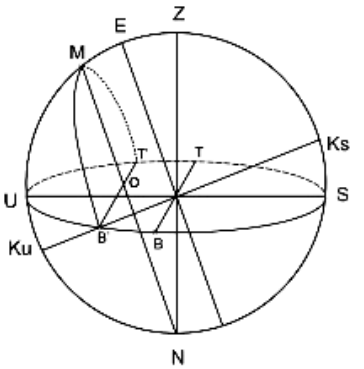
71 *Ibid.* hlm, 51.

72 Simamora, P., *Ilmu Falak Kosmografi*, Jakarta : CV. Pustaka Bangsa, 1985. hlm, 8.

73 Kata tergelincir diartikan bahwa lingkaran Matahari sebelah timur tampak menyinggung garis vertikal tempat yang dimaksud, maka sudut jam yang terkait adalah kira-kira 0.25° atau berkaitan dengan waktu kira-kira 1 menit. Ada juga yang berpendapat bahwa pengertian tergelincir pada awal salat Zuhur ini, Matahari menempuh sudut jam sebesar 1°

74 Meridian adalah lingkaran yang melalui titik utara dan selatan. Dalam bahasa Arab

Matahari bergerak dari meridian atau saat bayangan benda condong ke arah Timur, dan sudut yang dihasilkan dengan garis *i'tidal* (garis timur-barat), bukan lagi 90°. Sedangkan tinggi kulminasi Matahari adalah jarak yang dihitung dari ufuk sampai dengan Matahari pada posisi tertinggi. Jarak zenit Matahari + tinggi kulminasi adalah jarak dari ufuk sampai *zenit* (90°). Dengan demikian, tinggi kulminasi = 90° – zm.



Gambar; 3. Kedudukan Matahari

Gambar di atas menunjukan jika EZ adalah Lintang Tempat (*'ard al-balad*), maka EM adalah Deklinasi Matahari (*mail syamsi*), dan UM adalah Tinggi Matahari (*irtifa' syamsi*), ZM adalah Jarak Zenit dan MB'T' adalah Setengah Busur Siang (*nisfu qausi nahar*), dan Mo adalah *bu'du al-qutur*[75].

Azimut Matahari pada saat transit menurut suatu tempat pengamatan tertentu bisa bernilai 0° atau 180°. Jika pada saat transit, Matahari terletak di belahan langit Utara atau tepat di titik pada garis yang menghubungkan titik zenit dengan titik arah Utara, maka nilai azimut Matahari sama dengan 0°.

---

disebut *khataz-zawal atau dairah nisfu an-Nahar*

75 Busur yang dihitung dari ufuk tempat Matahari tebit atau terbenam sampai dengan garis tengah lintasan Matahari yang membagi lintasan itu menjadi dua bagian sama besar (bagian atas dan bagian bawah). *Bu'dul Qutur* di atas ufuk adalah positif dan diberi tanda (+), sedangkan yang berada di bawah ufuk adalah negatif dan diberi tanda (-). Bu'dul Qutur positif jika deklinasi dan lintang tempat searah, yaitu deklinasi dan lintang tempat sama-sama positif atau sama-sama negatif. *Bu'dul Qutur* negatif jika deklinasi dan lintang tempat searah, yaitu manakala deklinasinya positif dan lintang tempatnya negatif atau deklinasinya negatif dan lintang tempatnya positif.

Sementara itu, jika terletak di belahan langit Selatan atau tepat di titik pada garis yang menghubungkan titik zenit dengan titik arah Selatan, maka nilai azimut Matahari sama dengan 180° (Anugraha, 2012: 76).

Untuk mendapatkan ketinggian Matahari saat Zuhur adalah menggunakan rumus = sin a ÷ cos h.cos δ.cos ϕ + sin δ.sin ϕ. Untuk waktu Zuhur h = 0, sehingga rumusnya menjadi; sin a ÷ cos δ.cos ϕ + sin δ.sin ϕ (Khafid: 2012). Mengingat bahwa sudut waktu[76] itu dihitung dari meridian, maka ketika Matahari di meridian tentunya mempunyai sudut waktu 0°, dan pada saat itu waktu menunjukkan pukul 12. Waktu Matahari hakiki adalah waktu yang didasarkan pada peredaran Matahari sebenarnya, yaitu pada waktu Matahari mencapai titik kulminasi atas yang ditetapkan pada pukul 12.00.[77]

Pada saat Matahari berada di meridian (*meridian pass*) yang dirumuskan dengan MP = 12[78]– e[79], maka pada saat itulah

---

76 Sudut waktu adalah sudut pada titik kutub langit yang dibentuk oleh perpotongan antara lingkaran meridian dengan lingkaran waktu yang melalui suatu objek tertentu di bola langit. Sudut ini biasanya ditandai dengan huruf t. Besarnya sudut waktu itu menunjukkan berapakah jumlah waktu yang memisahkan benda langit bersangkutan dari kududukannya sewaktu berkulminasi. Sudut waktu dikatakan positif, jika benda langit berada di belahan langit sebelah Barat, dan negatif apabila benda langit berada di belahan langit sebelah Timur. Sudut waktu dalam bahasa Inggris biasa disebut *Hour Angle*, dan dalam bahasa Arab disebut dengan *Fadlu ad-Dair* atau *Zawiyah Suwaiyyah*.

77 ....., *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2008. hlm, 62.

78 Waktu haqiqi adalah waktu yang didasarkan pada peredaran Matahari haqiqi (yang sebenarnya), yaitu pada waktu Matahari mencapai titik kulminasi atas yang ditetapkan pukul 12.00. Oleh karena waktu haqiqi didasarkan kepada titik kulminasi, maka satu tempat dengan yang lain menurut arah barat timur waktunya berbeda walaupun di dalam satu kota, apalagi berlainan kota. Pada saat Matahari mencapai titik kulminasi atas (12.00) sudut waktu adalah = 0°.

79 *Equation of time* atau berarti persamaan waktu. Namun, *equation of time* tidak dapat dimaknai dengan pengertian "persamaan". Dalam astronomi, kata "*equation*" sering merujuk pada adanya koreksi atau selisih antara nilai rata–rata suatu variabel dengan nilai sesungguhnya. Dalam hal ini, *equation of time* berarti adanya selisih antara waktu Matahari rata–rata dengan waktu Matahari sesungguhnya. Disini, yang dimaksud dengan waktu Matahari adalah waktu lokal menurut pengamat di suatu tempat ketika Matahari mencapai transit. Data ini biasanya

ditetapkan sebagai permulaan waktu Zuhur menurut waktu pertengahan dan waktu ini pulalah ditetapkan sebagai pangkal hitungan untuk menentukan waktu-waktu salat lainnya.[80] (Khazin, 2004: 88).

2. Waktu Asar

Sebenarnya tinggi kulminasi Matahari setiap hari itu berubah, karena adanya deklinasi. Oleh karena itu, untuk mengetahui besarnya tinggi kulminasi, maka harus diketahui terlebih dahulu zm, dimana zm adalah jarak titik pusat Matahari saat kulminasi dari zenit, yang dapat diperoleh dengan rumus: $zm = (\phi^x - \delta^m)$. Dengan kata lain, jarak zenit titik pusat Matahari saat kulminasi besarnya sama dengan harga mutlak lintang tempat dikurangi deklinasi.[81]

Awal waktu Asar adalah bertambahnya bayang suatu benda sama dengan panjang benda tersebut. Artinya, bayang pada saat Matahari berkulminasi tidak tepat di atas (sebelah Utara atau di sebelah Selatan titik zenit) kemudian berimpit. Apabila Matahari mencapai kulminasi atas tepat di atas, maka senilai 0 (tidak ada bayangan).[82]

Setelah melewati zenit, semakin lama bayangan akan memanjang, hingga panjang bayang sama panjangnya dengan bendanya, maka tibalah waktu Asar. Waktu Asar adalah setelah panjang bayangan ditambah panjangnya bayangan pada waktu Matahari mencapai titik kulminasi atas. Posisi Matahari pada

---

dinyatakan dengan huruf "e" kecil dan diperlukan dalam menghisab awal waktu salat (Azhari, 2008: 62). *Equation of time* dinyatakan pula dalam bentuk sudut atau waktu (satu derajat = empat menit). Untuk kurun waktu ini sepanjang tahun, nilai maksimumnya sekitar 16 menit (4°) dan minimumnya sekitar minus 14 menit (-3,5°).

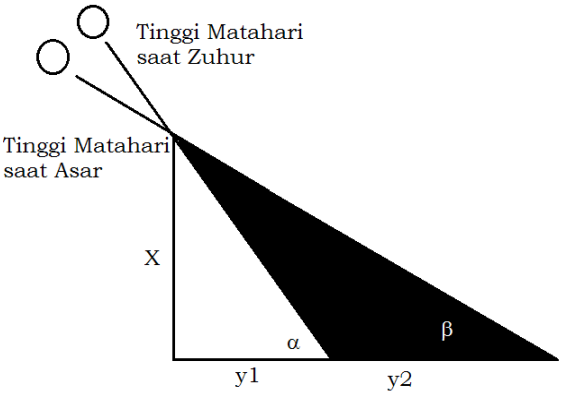
80 Muhyiddin Khazin, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004. hlm, 88.

81 ....., *Ilmu Falak I Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011. hlm, 144.

82 Ibid. hlm, 88.

saat awal Asar dapat diketahui dengan menghitung tinggi Matahari dari ufuk (horizon) sepanjang lingkaran vertikal.

Berdasarkan gambar di bawah ini, maka dapat diketahui rumus tinggi Matahari waktu Asar sebagai berikut:



Gambar; 4. Kedudukan Banyangan Matahari pada waktu Asar

$$\tan b = \frac{1}{\frac{1}{\tan a} + 1} \quad \textit{untuk madzab Syafi'i}$$

$$\tan b = \frac{1}{\frac{1}{\tan a} + 2} \quad \textit{untuk madzab Hanafi}$$

x = panjang benda yang berdiri tegak

y_1 = bayang-bayang benda pada saat Zuhur

y_2 = tambahan bayang-bayang Matahari saat Asar

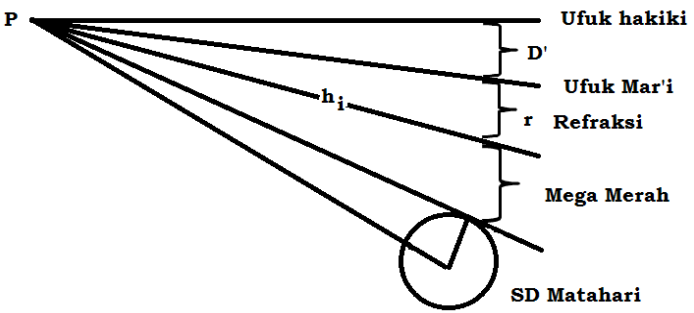
α = tinggi Matahari saat Zuhur

β = tinggi Matahari saat Asar

Berkaitan dengan posisi Matahari, kedudukan Matahari atau tinggi Matahari pada posisi awal waktu Asar ini dihitung dari ufuk sepanjang lingkaran vertikal. Dirumuskan dengan: cotan (ha)= tan zm + 1.[83]

3. Waktu Maghrib

Secara astronomi, terbenamnya Matahari (*sunset*) yang menjadi tanda masuknya awal waktu Maghrib ialah ketika seluruh piringan Matahari atas berada di bawah ufuk. Piringan Matahari berdiameter 32 menit busur, sehingga setengahnya berarti 16 menit busur (Rachim, 1983: 26). Ketika Matahari terbenam, langit tidak langsung gelap, karena adanya atmosfer Bumi[84] yang membiaskan cahaya Matahari. Posisi Matahari harus tenggelam hingga belasan derajat di bawah ufuk, supaya tidak ada lagi cahaya Matahari yang dapat dibiaskan, sehingga langit menjadi gelap.[85]



Gambar; 5. Kedudukan Matahari pada waktu Magrib

Waktu Maghrib diformulasikan dengan menambah jarak titik pusat Matahari, atau yang biasa disebut dengan semi-diameter Matahari. Di antara beberapa faktor yang mempengaruhi ketinggian Matahari pada waktu Maghrib adalah sebagai berikut:

---

83 Abd Rachim, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty, 1983. hlm, 26.

84 Lapisan udara yangg menyelubungi Bumi sampai ketinggian 300 km (terutama terdiri atas campuran berbagai gas, yaitu nitrogen, oksigen, argon, dan sejumlah kecil gas lain).

85 ....., *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2012. hlm, 85.

a. Refraksi

Refraksi *(daqaiqu al-Ikhtilaf)* adalah perbedaan antara tinggi suatu benda langit yang dilihat dengan tinggi sebenarnya yang diakibatkan adanya pembiasan sinar. Perbedaan suhu dan kepadatan udara akan mengakibatkan cahaya yang datang dari sebuah benda langit menjadi tidak tegak lurus atau membelok, sehingga benda langit tersebut terlihat lebih tinggi dari yang sebenarnya.[86] (Khazin, 2004: 142).

Refraksi[87] zenit adalah 0°, karena sinar cahaya yang menuju dari benda langit ke arah pengamat dengan arah tegak lurus, disebabkan adanya perbedaan tingkat suhu dan kepadatan udara berkurang susunan udara (Jamil, 2009: 36). Semakin rendah posisi benda langit tersebut atau semakin dekat ke horizon, maka akan semakin besar refraksinya, yaitu sekitar 0° 34' 30".

Sedangkan Azhari (2007: 180), dalam bukunya *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, refraksi paling besar adalah sekitar 0° 34.5' pada saat piringan atas benda langit itu bersinggungan dengan kaki langit dan refraksinya 00° jika berada di zenit. Refraksi dalam bahasa Arab diistilahkan dengan *al-Inkisar al-Jawiy* atau *Daqaiq al-Ikhtilaf*.

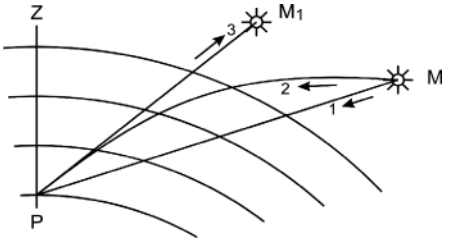
Pembiasan ini dapat terjadi karena sinar yang dipancarkan benda tersebut datang ke mata melalui lapisan atmosfer yang berbeda-beda tingkat kerenggangan udaranya, sehingga posisi setiap benda langit itu terlihat lebih tinggi dari posisi sebenarnya. Jean Meeus menggunakan istilah refraksi atmosfer (*atmosferic*

---

86 ....., *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004. hlm, 142.

87 Jika tinggi benda langit 90° (di titik z) sampai dengan 60° refraksi masih terlalu kecil, hanya berjumlah beberapa detik derajat, sehingga refraksi belum begitu berarti. Untuk ketinggian 60° sampai 10° refraksi juga masih kecil, baru berjumlah beberapa menit derajat saja. Baru setelah 10° ke bawah refraksi bertambah dengan pesat sekali. Pada saat ketinggian 1° refraksi berjumlah 25', tinggi ½° (setengah derajat) refraksi berjumlah 29'. Kemudian apabila benda langit sedang di ufuk tinggi 0° refraksi menjadi 34'

refraction) sebagai gambaran atas pembelokan cahaya yang melintasi atmosfer Bumi.[88] (Meeus, 1991: 101).



Gambar; 6. Refraksi

Cahaya Matahari M untuk sampai di tempat P tidak diterima langsung lewat garis pertama (tanda panah no. 1), namun sudah mengalami beberapa kali belokan, karena adanya beberapa lapisan udara, sehingga cahaya tersebut harus berjalan melengkung melalui garis ke dua (tanda panah no. 2). Oleh karena itu, Matahari yang menempati titik M dilihat dari tempat P tampak berada di titik M_1.

Jika Matahari menempati titik *Z*, maka refraksi atau pembiasan angkasa tidak terjadi, karena cahaya Matahari dari *Z* sampai di tempat P melalui batas–batas lapisan udara menurut arah tegak lurus. Semakin rendah kedudukan Matahari, maka semakin besar terjadinya refraksi, lebih-lebih pada saat Matahari mendekati ufuk, yaitu pada saat terbit atau terbenam.

Refraksi untuk Maghrib dan terbit digunakan 00 34', Isya' -17 = 0° 03'12,53" dan Subuh -19 = 0° 02'51,56". Refraksi dapat diperoleh dengan rumus = 0.0167 : tan (h + 7,31 : (h + 4,4)) (Hambali 2012: 1) atau juga dapat diperoleh dengan pendekatan rumus:

$$R = \frac{1}{\tan\left(h_o + \frac{7.31}{h_o + 4.4} \right)}$$

88J Meeus, *Astronomical Algorithms*. Willmann-Bell, Richmond, 1991. hlm, 101.

b. Semidiameter

Semidiameter dalam bahasa Arab dikenal dengan istilah *nisfu al-qutr* atau jari-jari, yaitu jarak antara titik pusat piringan benda langit dengan piringan luarnya, atau seperdua garis tengah piringan benda langit.

Dalam perhitungan waktu terbenam (Maghrib), semidiameter ini juga harus dimasukkan. Besar kecil semidiameter tidak menentu, tergantung jauh dekatnya Bumi dan Matahari. Sedangkan semidiameter Matahari rata-rata adalah 0° 16'.

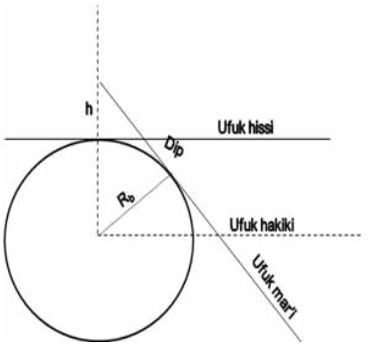
c. Dip (elevasi)

Dip atau kerendahan ufuk (ku) atau *ikhtilaf ufuq* itu terjadi karena ketinggian tempat pengamatan mempengaruhi ufuk (horizon). Horizon yang teramati pada ketinggian mata sama dengan ketinggian permukaan laut disebut horizon benar (*true horizon*). Ufuk ini sejajar dengan *ufuq hakiki* yang melalui Bumi. Horizon yang teramati oleh mata pada ketinggian tertentu di atas permukaan laut disebut horizon semu atau *ufuq mar'i*.[89]

Sebagaimana pandangan mata, jika kita berada di tempat yang datar atau lapangan yang luas atau di atas kapal di tengah laut yang tidak ada sesuatu apapun penghalang dari pandangan kita, maka terkesan bahwa seolah-olah kita menjadi pusat dari sebuah bola raksasa (bola langit).

Cara menentukan kerendahan ufuk ialah menggunakan rumus: 00 1,76' $\sqrt{}$ (*hight of eye in metres*) (TNI Angkatan Laut, 1995: 259). Sehingga untuk mencari tinggi Matahari (h_0) pada saat Magrib diperoleh rumus: $h_0 = -$ (ku + ref + sd). Keterangan: ku = kerendahan ufuk, ref = refraksi, sd = semidiameter.

89 Khafid, *Modul Kuliah Astronomi dan Hisab Kontemporer*, Semarang: Pascasarjana IAIN Walisongo, 2012.



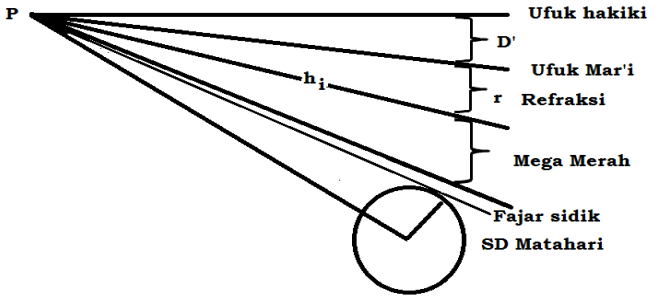
Gambar; 7. Dip (elevasi)

4. Waktu Isya'

Waktu salat Isya' dimulai sejak hilangnya awan merah (*syafaq ahmar*)[90] pada awan yang berada di bagian Barat. Keadaan yang demikian terjadi apabila titik pusat Matahari berkedudukan beberapa derajat di bawah ufuk. Serupa timbulnya fajar, jumlah ini ditetapkan berbeda-beda oleh para ahli hisab, dimana ada yang menetapkan *altitude* Matahari mulai dari 16°, 17°, dan 18°, sedangkan yang digunakan adalah 18° .

Penentuan waktu Isya' dan Subuh tidak secara langsung berkaitan dengan posisi Matahari, namun efek dari atmosfer yang membiaskan cahaya Matahari dari bawah ufuk. Para ulama berbeda pendapat tentang tinggi Matahari. Di antara beberapa pendapat tersebut menetapkan bahwa *altitude* Matahari berkisar antara 15°, 17°, 18°, 19°, dan 20° di bawah ufuk.

90 Secara astronomis, apabila Matahari telah di bawah ufuk, cahaya yang langsung mengenai Bumi telah tidak ada, yang ada hanya cahaya yang dipantulkan dan dibiaskan oleh partikel-partikel halus yang berada di udara hingga mencapai mata pengamat. Kadar penyebaran cahaya oleh partikel-partikel tersebut berbanding sebagai kebalikan pangkat empat panjang gelombang. Gelombang yang terpendek ialah sinar biru, sedangkan yang paling panjang adalah sinar merah.



Gambar; 8. Kedudukan Matahari pada waktu Isya'

Waktu Isya' ialah ketika Matahari terbenam di ufuk barat, dimana permukaan Bumi tidak serta merta gelap, namun cahaya senja berubah kuning kemerah-merahan, lalu berangsur-angsur menjadi merah kehitaman, hingga Matahari terus terbenam dan gelap sempurna, jika Matahari sudah 18°. Keadaan ini terjadi karena adanya partikel-partikel yang berada di luar angkasa yang membiaskan cahaya Matahari, sehingga meskipun Matahari sudah tidak mengenai Bumi, namun bias partikelnya masih ada.

Ketika Matahari berada pada 0° sampai -6° di bawah horizon, keadaan benda-benda di lapangan terbuka masih dapat terlihat meskipun terbatas. Keadaan seperti ini disebut *civil twilight* (Rachim, 1983: 39). Selanjutnya pada posisi -6° sampai -12° benda-benda tersebut hanya terlihat samar-samar dan keadaan seperti ini disebut *nautical twilight*. Ketika posisi Matahari berada diantara -12° dan -18°, maka keadaan di atas ufuk telah gelap sempurna. Dalam Ilmu Falak, peristiwa ini dikenal sebagai akhir senja astronomi (*astronomical twilight*)[91]

91 There is one phenomenon that lengthens the fraction of the day given over to daylight. Even after the sun has set, some sunlight is received by the observer, scattered and reflected by the earth's atmosphere. As the sun sinks further below the horizon, the intensity of this light diminishes. The phenomenon is called twilight and is classified as civil, nautical or astronomical twilight. Civil twilight is said to end when the sun's centre is 6° below horizon, nautical twilight ends when centre 12° below the horizon, while astronomical twilight ends when the centre of the sun's is 18° below the horizon. Twilight is a nuisance, astronomically speaking, often preventing the observation of very faint celestial objects. We shall see below

5. Waktu Subuh

Waktu Subuh dimulai dengan tampaknya fajar di bawah ufuk sebelah Timur dan berakhir sampai terbitnya Matahari. Menurut Rachim (1983: 39), dalam Ilmu Falak, saat tampaknya fajar didefinisikan dengan posisi Matahari sebesar 20º di bawah ufuk sebelah Timur. Jadi, jarak zenit Matahari berjumlah 110º atau (90º + 20º). Sementara batas akhir waktu Subuh adalah waktu *syuruq* (terbit), yaitu 1º di bawah ufuk.

Di Indonesia, pada umumnya waktu Subuh dimulai pada saat kedudukan Matahari 20° di bawah ufuk hakiki (*true horizon*). Dan dalam ilmu astronomi, waktu sebelum Matahari terbit dibagi menjadi tiga, yakni: *civil twilight* (Matahari berada -06°), *nautical twilight* (Matahari berada -12°), dan *astronomical twilight* (Matahari berada -18°). *Astronomical twilight* inilah yang sering disamakan dengan *fajar sadiq*.[92]

Tinggi Matahari saat terbitnya fajar *sadiq* sendiri terdapat perbedaan pendapat dari beberapa kalangan ahli falak dan ahli astronomi. Zubair Umar al-Jaelani (t.t: 176), dalam kitab *al-Khulasah al-Wafiyyah fi al-Falak bi Jadawil al-Lugharitmiyyah* menyebutkan bahwa altitude Matahari saat Subuh -18°.

Dalam kitab *Taqrib al-Maqsad fi al-'Amali bi ar-Rubu'i al-Mujayyab*, Muhammad Muhtar bin Atharid al-Jawi al-Bogori menyatakan bawah tinggi Matahari saat Subuh adalah -19°. Muhammad Ma'shum bin Ali al-Maskumambangi (t.t:12) dalam kitabnya *Durus al-Falakiyah* menyebutkan bahwa tinggi Matahari waktu subuh -19°. Dalam buku *Ilmu Hisab dan Falak* karya K.R.T. Muhammad Wardan Diponingrat (t.t: 72), menyebutkan bahwa tinggi Matahari saat Subuh adalah -19°.

---

that in some latitudes during part of the year, twilight is indeed continuous throughtout the night, evening and morning twilight merging, because the sun's centre at all times of the night is less than 18° below the horizon.

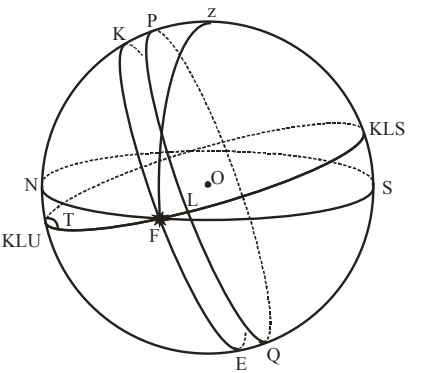
92 Thomas Djamaludin, "*Astronomi Sebagai Sarana Memadukan Penyatuan Awal Bulan*" di unduh pada tanggal 28 Desember 2012, dari: http//tdjamaluddin.wodpres.

Sedangkan Kementerian Agama RI menggunakan kriteria sudut -20°.

6. Menghitung waktu terbenam Matahari

Menghitung sudut waktu Matahari pada dasarnya menentukan busur sepanjang lingkaran harian suatu benda langit yang dihitung dari titik kulminasi atas sampai benda langit tersebut. Dalam astronomi disebut dengan *hour angle* (bahasa arab: *zawiyah suwai'iyyah*) dan biasanya dilambangkan dengan huruf t.

Dari gambaran di bawah, dengan kita posisikan tempat pengamat berada pada 7° LS, maka beberapa unsur dapat diketahui, yaitu: KFE = lingkaran deklinasi matahari, FL = deklinasi, PLQ = equator, NFS = horizon, dan T = hour angle.



Gambar; 9. Menghitung sudut waktu

7. Perhitungan Waktu Salat

Ada tiga istilah penting untuk melakukan perhitungan awal wak tu salat, yaitu; tinggi Matahari, sudut waktu Matahari, dan *ikhtiyath*. Oleh karena itu, penulis akan menyampaikan cara menghitung awal waktu salat secara praktis sebagai berikut:

1. Perhatikan dengan cermat bujur (λ^x), baik Bujur Barat, atau Bujur Timur, lintang (ϕ^x) dan tinggi tempat dari permukaan laut. Bujur (λ^x) dan lintang (ϕ^x) dapat diperoleh melalui tabel, peta, *Global Positioning System* (GPS) dan lain-lain.
2. Tinggi tempat diperlukan guna menentukan besar kecilnya kerendahan ufuk (ku). Untuk mendapatkan Dip digunakan rumus 00 1,76' √ (*height of eye in metres*). (Almanak Nautika, 1995: 259).
3. Ketinggian Matahari (h) = - (Dip + ref + sd), Refraksi untuk Maghrib dan terbit digunakan 0° 34', Isyak 0° 03'12,53" dan Subuh 0°02'51,56". Refraksi diperoleh dengan rumus = 0.0167 : tan (h + 7,31 : (h + 4,4)). Ref singkatan dari refraksi, sd singkatan dari semi diameter Matahari yang besar kecilnya tidak menentu tergantung jauh dekatnya Bumi Matahari, sedangkan semi diameter Matahari (sd) rata-rata adalah 0° 16'. Sedangkan tinggi Matahari untuk awal Asar, pertama, dicari jarak zenith Matahari pada saat Matahari di miridian langit (zm) yang bertepatan dengan datangnya awal waktu Zuhur dengan menggunakan rumus: zm = $\delta\odot - \varphi^x$, dengan catatan zm harus selalu positip, kalau negatip harus dirubah menjadi positip. Kedua, baru menentukan tinggi Matahari untuk awal Asar (ha) dengan rumus: ha = tg zm+1.
4. Perhatikan deklinasi Matahari ($\delta\odot$) dan gunakan *equation of time* (e) pada tanggal yang dikehendaki[93].
5. Tentukan sudut waktu Matahari ($t\odot$) dengan menggunakan rumus :

---

93 Untuk lebih telitinya hendaknya diambilkan deklinasi matahari dan *equation of time* pada jam yang semestinya, contoh : Zuhur kurang lebih pukul 12 WIB (05 UT), Ashar kurang lebih pukul 15 WIB (08 UT), Maghrib kurang lebih pukul 18 WIB (11 UT), Isya' kurang lebih pukul 19 WIB (12 UT) dan Shubuh kurang lebih pukul 04 WIB. Akan tetapi untuk mempermudah dan mempercepat perhitugan dapat menggunakan deklinasi matahari dan *equation of time* pada pukul 12 WIB (05 UT) atau pukul 12 WITA (04 UT) atau pukul 12 WIT (03 UT).

$$\text{Cos } t\odot = \sin h\odot \div \cos \phi^x \div \cos \delta\odot - \tan \phi^x \times \tan \delta\odot$$

Catatan : Asar, Magrib dan Isya'; to = + (positif)

Subuh, Terbit dan Dhuha; to = - (negatif).

6. Untuk mengubah Waktu Hakiki atau Istiwa' menjadi Waktu Daerah / WD (WIB,WITA,WIT) gunakan rumus:

$$WD = WH - e + (\lambda^d - \lambda^x) \div 15 \text{ atau}$$

$$= WH - e + (BT^d - BT^x) \div 15$$

$\lambda^d = BT^d$ adalah Bujur Daerah, yaitu WIB = 105°, WITA = 120° dan WIT = 135°

7. Apabila hasil perhitungan ini hendak digunakan untuk keperluan ibadah, maka hendaknya dilakukan ikhtiyat dengan cara sebagai berikut :

   a. Bilangan detik berapapun hendaknya dibulatkan menjadi satu menit, kecuali untuk terbit detik berapapun harus dibuang.

   b. Tambahkan lagi bilangan 2 menit, kecuali untuk terbit kurangi 2 menit.

Contoh :

Zuhur: pukul 11:32:40 WIB menjadi pukul 11:35 WIB.

Terbit : pukul 05:13:27 WIB. menjadi pukul 05:11 WIB.

A. Contoh perhitungan

1). Soal, tentukan awal waktu salat pada 23 November 2013 dengan Markas STAIN SAS BABEL!

Diketahui ;

1. Bujur **106°00'55,02"** BT dengan Lintang **-2°06'59.01" LS**[94]

2. Ketinggian tempat kami gunakan 50 meter dari permukaan laut. dalam hal ini berarti Dip = 00 1,76' √ 50. **= 00°12'26.7"**

3. Ketinggian Matahari (h) yang digunakan untuk Maghrib dan Terbit adalah **-01°02'26.7"** angka ini diperoleh dari -(Dip + ref + sd), yaitu; –(00°12'26,07" + 00°34' + 00°16'), Isya' adalah **-17°31'39.23"**angka ini diperoleh dari –(17 + 00°12'26,07" + 0° 03'12,53" + 00°16'), Subuh adalah **-19°31'18.26"** angka ini diperoleh dari –(19° + 00°12'26,07" + 0°02'51,56" + 00° 16') dan Dhuha adalah **+4°30'.**

4. Dari data di peroleh deklinasi Matahari pada jam 12 WIB/ 5 GMT: (δ^m) = -20°22'06", dan *equation of time* = $0^j\ 13^m\ 38^d$.[95]

1. Waktu Zuhur

Zuhur = pukul 12 Waktu Hakiki (WH).

$$WIB = WH - e + (\lambda^d - \lambda^x) \div 15$$

$$= pkl.12 - 0^j\ 13^m\ 38^d + (105° - 106°00'55.02'') \div 15$$

= pkl. 11:42:18,33 WIB (belum Ihtiyat)

= pkl. 11:45 WIB (Ihtiyat)

2. Waktu Asar

Ketika Matahari mulai berkulminasi, atau berada di meridian (ketika awal waktu Zuhur) sesuatu/benda yang tegak lurus yang berada pada permukaan Bumi belum pasti memiliki bayangan. Bayangan itu akan terjadi ketika harga lintang

94 Data ini diperoleh dari GPS pada tanggal 20 Juni 2010,
95 Diambil dari Ephemeris Hisab Rukyat 2013

tempat, dan harga deklinasi berbeda. Harga besarnya deklinasi adalah Tan zm di mana zm adalah jarak sudut antara zenit dan Matahari ketika berkulminasi sepanjang meridian yakni:

a. zm (jarak zenith) = ($\delta\odot - \phi^x$) jarak antara zenit dan Matahari seharga harga lintang mutlak lintang tempat dikurangi deklinasi Matahari.

$= -20^\circ 22'06" - (\mathbf{-2^\circ 06'59.01"})$

$= -20^\circ 22'06" + \mathbf{2^\circ 06'59.01"}$

$= 18^\circ 15'06.99"$

b. ha (tinggi Matahari pada awal Asar)

Cot ha = tan zm + 1

$= \tan 18^\circ 15'06.99" + 1$

$= 36^\circ 56'35.33"$

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1. Model I

   Shift Tan (1 ÷ (tan 18°15'06.99" + 1)) = Shift °'"

2. Model II

   Shift Tan (1 ÷ (tan(18°15'06.99") + 1) = Shift °'"

3. Model III

   18°15'06.99" tan + 1 = Shift 1/X Shift tan °'"

4. Model IV

   18.1506.99DEG tan + 1= 2ndf 1/X 2ndf tan 2ndf DEG

5. Model V

   Shift Tan (1 ÷ (tan (18°15'06.99") + 1)) = Shift °'"

c. t⊙ (sudut waktu Matahari) awal Asar

Cos t⊙ = sin h⊙ ÷ cos ϕ^x ÷ cos $\delta\odot$ – tan ϕ^x × tan $\delta\odot$

Cos t⊙= sin 36°56'35.33" ÷ cos -2°06'59.01" ÷ cos
-20°22'06" – tan -2°06'59.01" × tan -20°22'06"

t⊙ = +51°06'36.49 ÷ 15

= +03^{j} 24^{m} 26.43^{d}

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1. Model I

   Shift Cos(Sin 36°56'35.33" ÷ Cos (-)2°06'59.01" ÷ Cos (-)20°22'06" – Tan (-)2°06'59.01" × Tan (-)20°22'06") = Shift °'"

2. Model II

   Shift Cos(Sin 36°56'35.33" ÷ Cos 2°06'59.01" +/- ÷ Cos 20°22'06" +/- – Tan 2°06'59.01" +/- × Tan 20°22'06" +/-) = Shift °'"

3. Model III

   36°56'35.33" Sin ÷ 2°06'59.01" +/- Cos ÷ 20°22'06" +/- Cos – 2°06'59.01" +/- Tan × 20°22'06" +/- Tan = Shift Cos Shift °'"

4. Model IV

   36.563533 DEG Sin ÷ 2.065901 DEG +/- Cos ÷ 20.2206 DEG +/- Cos – 2.065901 DEG +/- Tan × 20.2206+/- DEG Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Cos(Sin(6°56'35.33") ÷ Cos((-)2°06'59.01") ÷ Cos ((-) 20°22'06") – Tan((-)2°06'59.01") × Tan((-) 20°22' 06")) = Shift °'"

d. Awal waktu Asar

= pkl. 12 + (+ 03^{j} 24^{m} 26.43^{d})

WH = 15^{j} 24^{m} 26.43^{d}

WIB = WH – e + ($\lambda^d - \lambda^x$) ÷15

WIB = pkl. 15^j 24^m 26.43^d – $0^j13^m38^d$ + (105°–106-°00’55.02’’)

÷ 15

= pkl. 15:06:44,76 WIB

= pkl. 15:09 WIB

3. Waktu Magrib

a. h☉(tinggi Matahari) saat terbit/terbenam = **-1°02’26.7”**

b. t☉(sudut waktu Matahari) awal Magrib

Cos t☉ = sin h☉÷ cos ϕ^x ÷ cos δ☉– tan ϕ^x × tan δ☉

Cos t☉ = sin -01°02’26.7” ÷ cos -2°06’59.01” ÷ cos -20°22’06” – tan - 2°06’59.01” × tan -20°22’06”

t☉= +9115 ÷ “50.33‘53°

= $+6^j$ 07^m 35.36^d

¤ Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator

1. Model I

   Shift Cos (Sin (-)01°02’26,7” ÷ Cos (-)2°06’59.01” ÷ Cos (-)20°22’06” – Tan (-)2°06’59.01” × Tan (-) 20°22’06”) = Shift °’”

2. Model II

   Shift Cos(Sin 01°02’26,7” +/- ÷ Cos 2°06’59.01” +/- ÷ Cos 20°22’06” +/- – Tan 2°06’59.01” +/- × Tan 20°22’06” +/-) = Shift °’”

3. Model III

   01°02’26,7” +/- Sin ÷ 2°06’59.01” +/- Cos ÷ 20°22’06” +/- Cos – 2°06’59.01” +/- Tan × 20°22’06” +/- Tan = Shift Cos Shift °’”

4. Model IV

   01.02267DEG +/- Sin ÷ 2.065901 DEG +/- Cos ÷ 20.2206 DEG +/- Cos – 2.065901 DEG +/- Tan × 20.2206 DEG +/- Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Cos(Sin((-)2°06'59.01") ÷ Cos((-)2°06'59.01") ÷ Cos((-) 20°22'06") – Tan((-)2°06'59.01") × Tan((-) 20°22'06")) = Shift °'"

c. Awal waktu Maghrib

= pkl. 12 + (+06^j 07^m 35.36^d)

WH = 18^j 07^m 35.36^d

WIB = WH – e + (λ^d – λ^x) ÷ 15

WIB = pkl. 18^j 7^m 35.36^d – 0^j 13^m 38^d + (105°– 106°00'55.02") ÷ 15

= pkl. 17:49:53,69 WIB

= pkl. 17:52 WIB

4. Waktu Isya'

a. h☉(tinggi Matahari) untuk awal Isya' = **-17°31'39.23"**

b. t☉(sudut waktu Matahari) awal Isya'

Cos t☉ = sin h☉÷ cos ϕ^x ÷ cos δ☉– tan ϕ^x × tan δ☉

Cos t☉= sin -17°31'39.23" ÷ cos -2°06'59.01" ÷ cos -20°22'06" – tan -2°06'59.01" × tan -20°22'06"

t☉ = +109°35'02 ÷ 15

= +7^j 18^m 20.19^d

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1. Model I

   Shift Cos(Sin (-)17°31'39.23" ÷ Cos (-)2°06'59.01" ÷ Cos (-)20°22'06" – Tan (-)2°06'59.01" × Tan (-)20°22'06") = Shift °'"

2. Model II

   Shift Cos(Sin 17°31'39.23" +/- ÷ Cos 2°06'59.01" +/- ÷ Cos 20°22'06" +/- – Tan 2°06'59.01" +/- × Tan 20°22'06" +/-) = Shift °'"

3. Model III

   17°31'39.23" +/- Sin ÷ 2°06'59.01" +/- Cos ÷ 20°22' 06" +/- Cos – 2°06'59.01" +/- Tan × 20°22' 06" +/- Tan = Shift Cos Shift °'"

4. Model IV

   17.313923 DEG +/- Sin ÷ 2.065901 DEG +/- Cos ÷ 20.2206 DEG +/- Cos – 2.065901 DEG +/- Tan × 20.2206 DEG +/- Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Cos(Sin((-)17°31'39.23") ÷ Cos((-)2°06'59.01") ÷ Cos((-) 20°22'06") – Tan((-)2°06'59.01") × Tan((-) 20°22'06")) = Shift °'"

c. Awal waktu Isya'
= pkl. 12 + (+07^{j} 18^{m} 19.99^{d})

WH = 19^{j} 18^{m} 20.19^{d}

WIB = WH – e + (λ^{d} – λ^{x}) ÷ 15

WIB = pkl. 19^{j} 18^{m} 20.19^{d} – 0^{j} 13^{m} 38^{d} + (105° – 106° 00' 55,02'') ÷ 15

= pkl. 19:00:38,52 WIB

= pkl. 19:03 WIB

5. Waktu Imsak

Imsak = Subuh WIB – 0^j 10^m

= pkl. 04.18 – 0^j 10^m

= pkl. 04:08 WIB

6. Waktu Subuh

a. h☉ (tinggi Matahari) untuk awal Subuh = **-19°31'18.26"**

b. t☉ (sudut waktu Matahari) awal Subuh

Cos t☉ = sin h☉ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ☉ – tan ϕ^x × tan δ☉

Cos t☉ = Sin -19°31'18.26" ÷ Cos -2°06'59.01" ÷ Cos -20°22'06" – Tan -2°06'59.01" × Tan -20°22'06"

t☉ = -111°44'28" ÷ 15

= -07^j 26^m $57,9^d$

¤ Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator

1. Model I

   Shift Cos(Sin (-)19°31'18.26" ÷ Cos (-)2°06'59.01" ÷ Cos (-)20°22'06" – Tan (-)2°06'59.01" × Tan (-) 20°22'06") = Shift °'"

2. Model II

   Shift Cos(Sin 19°31'18.26" +/- ÷ Cos 2°06'59.01" +/- ÷ Cos 20°22'06" +/- – Tan 2°06'59.01" +/- × Tan 20°22'06" +/-) = Shift °'"

3. Model III

   19°31'18,26" +/- Sin ÷ 2°06'59.01" +/- Cos ÷ 20°22'06" +/- Cos – 2°06'59.01" +/- Tan × 20°22'06" +/- Tan = Shift Cos Shift °'"

4. Model IV

19.311826 DEG +/- Sin ÷ 2.065901 DEG +/- Cos ÷ 20.2206 DEG +/- Cos – 2.065901 DEG +/- Tan × 20.2206 DEG +/- Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

5. Model V

Shift Cos(Sin((-)19°31'18.26") ÷ Cos((-)2°06'59.01") ÷ Cos((-) 20°22'06") – Tan((-)2°06'59.01") × Tan ((-) 20°22'06")) = Shift °'"

c. Awal waktu Subuh
= pkl. 12 + (- 07^{j} 26^{m} $57{,}9^{d}$)

WH = 04^{j} 33^{m} 02.1^{d}

WIB = WH – e + (λ^{d} – λ^{x}) ÷ 15

WIB = pkl. 04^{j} 33^{m} 02.1^{d} – 0^{j} 13^{m} 38^{d} + (105° – 106° 00' 55,02") ÷ 15

= pkl. 04:15:20,44 WIB

= pkl. 04:18 WIB

7. Terbit Matahari

a. h☉ (tinggi Matahari) saat terbit/terbenam = **-01°02'26.7"**

b. t☉ (sudut waktu Matahari) saat terbit Matahari

Cos t☉ = sin h☉ ÷ cos ϕ^{x} ÷ cos δ☉ – tan ϕ^{x} × tan δ☉

Cos t☉ = sin -01°02'26.07" ÷ cos -2°06'59.01" ÷ cos -20°22'06" – tan -2°06'59.01" × tan -20°22'06"

t☉ = -91°53'50.33" ÷ 15

= -06^{j} 07^{m} 35.36^{d}

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1. Model I

   Shift Cos(Sin (-)01°02'26.7" ÷ Cos (-)2°06'59.01" ÷ Cos (-)20°22'06" – Tan (-)2°06'59.01" × Tan (-)20°22'06") = Shift °'"

2. Model II

   Shift Cos(Sin 01°02'26.7" +/- ÷ Cos 2°06'59.01" +/- ÷ Cos 20°22'06" +/- – Tan 2°06'59.01" +/- × Tan 20°22'06" +/-) = Shift °'"

3. Model III

   01°02'26,7" +/- Sin ÷ 2°06'59.01" +/- Cos ÷ 20°22'06" +/- Cos – 2°06'59.01" +/- Tan × 20°22'06" +/- Tan = Shift Cos Shift °'"

4. Model IV

   01.02267 DEG +/- Sin ÷ 2.065901 DEG +/- Cos ÷ 20.2206 DEG +/- Cos – 2.065901 DEG +/- Tan × 20.2206 DEG +/- Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Cos(Sin((-)01°02'26,7")÷ Cos((-)2°06'59.01") ÷ Cos((-) 20°22'06") – Tan((-)2°06'59.01") × Tan((-)20°22'06")) = Shift °'"

c. Awal waktu Terbit

= pkl. 12 + (-06^{j} 07^{m} 35.36^{d})

WH = 05^{j} 52^{m} 24.64^{d}

WIB = WH – e + (λ^{d} – λ^{x}) ÷ 15

WIB = pkl. 05^{j} 52^{m} 24.64^{d} – 0^{j} 13^{m} 38^{d} + (105° – 106°00'55,02") ÷ 15

= pkl. 05:34:42,98 WIB

= pkl. 05:32 WIB

8. Waktu Duha

a. h☉ (tinggi Matahari) saat Dhuha = + 4°30'

b. t☉ (sudut waktu Matahari) saat Dhuha

Cos t☉ = sin h☉ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ☉ – tan ϕ^x × tan δ☉

Cos t☉ = sin 4°30' ÷ cos -2°06'59.01" ÷ cos -20°22'06" – tan -2°06'59.01" × tan -20°22'06"

t☉ = -85°59'3.65" ÷ 15

= $-05^j\ 43^m\ 59.24^d$

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1. Model I

   Shift Cos(Sin 4°30' ÷ Cos (-)2°06'59.01" ÷ Cos (-)20°22'06" – Tan (-)2°06'59.01" × Tan (-)20°22'06") = Shift °'"

2. Model II

   Shift Cos(Sin 4°30' ÷ Cos 2°06'59.01" +/- ÷ Cos 20°22'06" +/- – Tan 2°06'59.01" +/- × Tan 20°22'06" +/-) = Shift °'"

3. Model III

   4°30' Sin ÷ 2°06'59.01" +/- Cos ÷ 20°22'06" +/- Cos – 2°06'59.01" +/- Tan × 20°22'06" +/- Tan = Shift Cos Shift °'"

4. Model IV

   4.30 DEG Sin ÷ 2.065901 DEG +/- Cos ÷ 20.2206 DEG +/- Cos – 2.065901 DEG +/- Tan × 20.2206 DEG +/- Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

5. Model V

Shift Cos(Sin(4°30') ÷ Cos((-)2°06'59.01") ÷ Cos((-) 20°22'06") – Tan((-)2°06'59.01") × Tan((-)20°22'06")) = Shift °'"

c. Awal waktu Duha

= pkl. 12 + (- 05^{j} 43^{m} 59.24^{d})

WH = 06^{j} 16^{m} 03.76

WIB = WH – e + (λ^{d} – λ^{x}) ÷ 15

WIB = pkl. 06:16:03,76 – 0^{j} 13^{m} 38^{d} + (105°– 106°00'55.02'') ÷ 15

= pkl. 05:58:22,09 WIB

= pkl. 06:01 WIB

Soal, tentukan awal waktu salat pada 23 November 2013 dengan Markas Kabupaten Fak-fak Provinsi Papua Barat!

Diketahui ;

1. Bujur **132°51'43.499" BT** dengan Lintang **-3°9'0.227" LS**
2. Ketinggian tempat kami gunakan 50 meter dari permukaan laut. dalam hal ini berarti Dip = 00 1,76' √ 50 = **00°12'26.7"**
3. Ketinggian Matahari (h) yang digunakan untuk Maghrib dan Terbit adalah **-01°02'26.7"** angka ini diperoleh dari - (Dip + ref + sd), yaitu; –(00°12'26,07" + 00°34' + 00°16'), Isya' adalah **-17°31'39.23"**angka ini diperoleh dari –(17 + 00°12'26,07" + 0° 03'12,53" + 00°16'), Subuh adalah **-19°31'18.26"** angka ini diperoleh dari –(19° + 00°12'26,07" + 0°02'51,56" + 00° 16') dan Dhuha adalah **+4°30'.**

4. Dari data di peroleh deklinasi Matahari pada jam 12 WIT/3 GMT: (δ^m) = -20°21'03", dan *equation of time* = $0^j\ 13^m\ 40^d$.

1. Waktu Zuhur

Zuhur = pukul 12 Waktu Hakiki (WH).

WIT = WH – e + (λ^d – λ^x) ÷ 15

= pkl.12 – $0^j\ 13^m\ 40^d$ + (135°–132°51'43.499") ÷ 15

= pkl. 11:54:53,01 WIT (belum Ihtiyat)

= pkl. 11:57 WIT (Ihtiyat)

2. Waktu Asar

zm (jarak zenith) = ($\delta\odot$ – φ^x) jarak antara zenit dan Matahari seharga harga lintang mutlak lintang tempat dikurangi deklinasi Matahari.

= -20°21'03" – **(-3°9'0.227")**

= -20°21'03" + **3°9'0.227"**

= 17°12'02.77" (absolut)

a. ha (tinggi Matahari pada awal Asar)

Cot ha = tan zm + 1

= tan 17°12'02.77" + 1

= 37°21'56.77"

b. t$\odot$ (sudut waktu Matahari) awal Asar

Cos t$\odot$ = sin h$\odot$ ÷ cos ϕ^x ÷ cos $\delta\odot$ – tan ϕ^x × tan $\delta\odot$

Cos t$\odot$ = sin 37°21'56.77" ÷ cos -3°9'0.227" ÷ cos -20°21'03" – tan -3°9'0.227"× tan -20°21'03"

t$\odot$ = +51°06'24.24 ÷ 15

= $+03^j\ 24^m\ 25.62^d$

c. Awal waktu Asar

= pkl. 12 + (+03^{j} 24^{m} 25.62^{d})

WH = 15^{j} 24^{m} 25.62^{d}

WIT = WH – e + (λ^{d} – λ^{x}) ÷15

WIT = pkl. 15^{j} 24^{m} 25.62^{d} – 0^{j} 13^{m} 40^{d} + (135°–132-°51'43.499") ÷15

= pkl. 15:19:18,72 WIT

= pkl. 15:22 WIT

3. Waktu Magrib

a. h⊙ (tinggi Matahari) saat terbit/terbenam = **-1°02'26.7"**

b. t⊙ (sudut waktu Matahari) awal Magrib

Cos t⊙ = sin h⊙ ÷ cos ϕ^{x} ÷ cos δ⊙ – tan ϕ^{x} × tan δ⊙

Cos t⊙ = sin -01°02'26.7" ÷ cos -3°9'0.227" ÷ cos -20°21'03" – tan - 3°9'0.227" × tan -20°21'03"

t⊙ = +92°16'54.07" ÷ 15

= +6^{j} 09^{m} 07.65^{d}

c. Awal waktu Magrib

= pkl. 12 + (+6^{j} 09^{m} 07.65^{d})

WH = 18^{j} 09^{m} 07.65^{d}

WIT = WH – e + (λ^{d} – λ^{x}) ÷ 15

WIT = pkl.$18^{j}$$09^{m}$$07.65^{d}$ – $0^{j}$$13^{m}$$40^{d}$ + (135° – 132°51'43.499") ÷ 15

= pkl. 18:04:00,75 WIT

= pkl. 18:07 WIT

4. Waktu Isya'

a. h☉ (tinggi Matahari) untuk awal Isya' = **-17°31'39.23"**

b. t☉ (sudut waktu Matahari) awal Isya'

Cos t☉ = sin h☉ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ☉ – tan ϕ^x × tan δ☉

Cos t☉ = sin -17°31'39.23" ÷ cos -3°9'0.227" ÷ cos -20°21'03" – tan -3°9'0.227" × tan -20°22'06"

t☉ = +110°00'20" ÷ 15

= $+7^j\ 20^m\ 01.37^d$

c. Awal waktu Isya'

= pkl. 12 + ($+7^j\ 20^m\ 01.37^d$)

WH = $19^j\ 20^m\ 01.37^d$

WIT = WH – e + (λ^d – λ^x) ÷ 15

WIT = pkl. $19^j\ 20^m\ 01.37^d$ – $0^j\ 13^m\ 40^d$ + (135° – 132°51'43.499") ÷ 15

= pkl. 19:14:54,47 WIT

= pkl. 19:17 WIT

5. Waktu Imsak

Imsak = Subuh WIT – $0^j\ 10^m$

= pkl. 04:29 – $0^j\ 10^m$

= pkl. 04:19 WIT

6. Waktu Subuh

a. h☉ (tinggi Matahari) untuk awal Subuh = **-19°31'18.26"**

b. t☉ (sudut waktu Matahari) awal Subuh

Cos t☉ = sin h☉ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ☉ – tan ϕ^x × tan δ☉

Cos t☉ = Sin -19°31'18.26" ÷ Cos -3°9'0.227" ÷ Cos

-20°21'03" – Tan -3°9'0.227" × Tan -20°21'03"

t⊙ = -112°10'13" ÷ 15

= $-07^{j}\ 28^{m}\ 40{,}92^{d}$

c. Awal waktu Subuh

= pkl. 12 + ($-07^{j}\ 28^{m}\ 40{,}92^{d}$)

WH = $04^{j}\ 31^{m}\ 19.08^{d}$

WIT = WH – e + ($\lambda^{d} - \lambda^{x}$) ÷ 15

WIT = pkl. $04^{j}\ 31^{m}\ 19.08^{d}$ – $0^{j}\ 13^{m}\ 40^{d}$ + (135° – 132°51'43.499") ÷ 15

= pkl. 04:26:12,18 WIT

= pkl. 04:29 WIT

7. Terbit Matahari

a. h⊙ (tinggi Matahari) saat terbit/terbenam = **-01°02'26.7"**

b. t⊙ (sudut waktu Matahari) saat terbit Matahari

Cos t⊙ = sin h⊙ ÷ cos ϕ^{x} ÷ cos δ⊙ – tan ϕ^{x} × tan δ⊙

Cos t⊙ = sin -01°02'26.07" ÷ cos -3°9'0.227" ÷ cos -20°21'03" – tan -3°9'0.227" × tan -20°21'03"

t⊙ = -92°16'54.07" ÷ 15

= $-06^{j}\ 09^{m}\ 07.65^{d}$

c. Awal waktu Terbit

= pkl. 12 + ($-06^{j}\ 09^{m}\ 07.65^{d}$)

WH = $05^{j}\ 50^{m}\ 52.36^{d}$

WIT = WH – e + ($\lambda^{d} - \lambda^{x}$) ÷ 15

WIT = pkl. $05^{j}\ 50^{m}\ 52.36^{d}$ – $0^{j}\ 13^{m}\ 40^{d}$ + (135°– 132°51'43.499") ÷ 15

= pkl. 05:45:45,45 WIT

= pkl. 05:43 WIT

8. Waktu Duha

a. h⊙ (tinggi Matahari) saat Dhuha = + 4°30'

b. t⊙ (sudut waktu Matahari) saat Dhuha

Cos t⊙ = sin h⊙ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ⊙ – tan ϕ^x × tan δ⊙

Cos t⊙ = sin 4°30' ÷ cos -3°9'0.227" ÷ cos -20°21'03" – tan -3°9'0.227" × tan -20°21'03"

t⊙ = -86°21'54.91" ÷ 15

= $-05^j\ 45^m\ 27.66^d$

c. Awal waktu Duha

= pkl. 12 + ($-05^j\ 45^m\ 27.66^d$)

WH = $06^j\ 14^m\ 32.34^d$

WIT = WH – e + (λ^d – λ^x) ÷ 15

WIT = pkl. $06^j\ 14^m\ 32.34^d$ – $0^j\ 13^m\ 40^d$ + (135°–132°51'43.499") ÷ 15

= pkl. 06:09:25,44 WIT

= pkl. 06:12 WIT

3. Soal, tentukan awal waktu salat pada 23 November 2013 dengan Markas Gorontalo!

Diketahui ;

1. Bujur 122°45'59.758" **BT** dengan Lintang 0°40'29.334" **LU**
2. Ketinggian tempat kami gunakan 75 meter dari permukaan laut. dalam hal ini berarti Dip = 00 1,76' √ 75 = **00°15'14.52"**

3. Ketinggian Matahari (h) yang digunakan untuk Maghrib dan Terbit adalah **-01°05'14.52"** angka ini diperoleh dari –(Dip + ref + sd), yaitu; **–(00°15'14.52"**+ 00°34' + 00°16'), Isya' adalah **-17°34'27.05"** angka ini diperoleh dari –(17 + **00°15'14.52"** + 0° 03'12,53" + 00°16'), Subuh adalah **-19°34'06.08"** angka ini diperoleh dari –(19° + **00°15'14.52"** + 0°02'51,56". + 00° 16') dan Dhuha adalah **+4°30'.**

4. Dari data di peroleh deklinasi Matahari pada jam 12 WITA/4 GMT: (δ^m) = -20°21'35", dan *equation of time* = 0^j 13^m 39^d.

1. Waktu Zuhur

Zuhur = pukul 12 Waktu Hakiki (WH).

WIT = WH – e + (λ^d – λ^x) ÷ 15

= pkl.12 – 0^j 13^m 39^d + (120°–122°45'59.758") ÷ 15

= pkl. 11:35:17,02 WITA (belum Ihtiyat)

= pkl. 11:58 WITA (Ihtiyat)

2. Waktu Asar

zm (jarak zenith) = ($\delta\odot$ – ϕ^x) jarak antara zenit dan Matahari seharga harga lintang mutlak lintang tempat dikurangi deklinasi Matahari.

= -20°21'35" – **0°40'29.334"**

= 21°02'04.33" (absolut)

a. ha (tinggi Matahari pada awal Asar)

Cot ha = tan zm + 1

= tan 21°02'04.33"+ 1

= 35°50'19.76"

b. t☉ (sudut waktu Matahari) awal Asar

Cos t☉ = sin h☉ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ☉ – tan ϕ^x × tan δ☉

Cos t☉ = sin 35°50'19.76" ÷ cos 0°40'29.334" ÷ cos -20°21'35" – tan 0°40'29.334" × tan -20°21'35"

t☉ = +51°01'41.67 ÷ 15

= $+03^j\ 24^m\ 06.78^d$

Awal waktu Asar

= pkl. 12 + ($+03^j\ 24^m\ 06.78^d$)

WH = $15^j\ 24^m\ 06.78^d$

WIT = WH – e + ($\lambda^d - \lambda^x$) ÷15

WIT = pkl. $15^j\ 24^m\ 06.78^d$ – $0^j\ 13^m\ 39^d$ + (120°–122-°45'59.758") ÷15

= pkl. 14:59:23,79 WITA (sudah ihtiyat)

= pkl. 15:02 WITA

3. Waktu Magrib

a. h☉ (tinggi Matahari) saat terbit/terbenam = **-01°05'14.52"**

b. t☉ (sudut waktu Matahari) awal Magrib

Cos t☉= sin h☉ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ☉ – tan ϕ^x × tan δ☉

Cos t☉= sin **-01°05'14.52"** ÷ cos 0°40'29.334" ÷ cos -20°21'35" – tan - 3°9'0.227" × tan -20°21'35"

t☉ = +90°54'33.99" ÷ 15

= $+6^j\ 03^m\ 38.27^d$

d. Awal waktu Magrib

= pkl. 12 + ($+6^j\ 03^m\ 38.27^d$)

WH = $18^j\ 03^m\ 38.27^d$

WIT = WH – e + (λ^d – λ^x) ÷ 15

WIT = pkl. 18^j 03^m 38.27^d – 0^j 13^m 39^d + (120°– 122°45'59.758") ÷ 15

= pkl. 17:38:55,28 WITA

= pkl. 18:01 WITA

4. Waktu Isya'

a. h⊙ (tinggi Matahari) untuk awal Isya' = **-17°34'27.05"**

b. t⊙ (sudut waktu Matahari) awal Isya'

Cos t⊙ = sin h⊙ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ⊙ – tan ϕ^x × tan δ⊙

Cos t⊙ = sin **-17°34'27.05"** ÷ cos 0°40'29.334" ÷ cos -20°21'35" – tan 0°40'29.334" × tan -20°22'06"

t⊙ = +108°31'28" ÷ 15

= $+7^j$ 14^m 05.91^d

c. Awal waktu Isya'

= pkl. 12 + ($+7^j$ 14^m 05.91^d)

WH = 19^j 14^m 05.91^d

WIT = WH – e + (λ^d – λ^x) ÷ 15

WIT = pkl. 19^j 14^m 05.91^d – 0^j 13^m 39^d + (120° – 122°45'59.758") ÷ 15

= pkl. 19:49:22,92 WITA

= pkl. 19:52 WITA

5. Waktu Imsak

Imsak = Subuh WITA – 0^j 10^m

= pkl. **04:15**– 0^j 10^m

= pkl. 04:05 WITA

6. Waktu Subuh

a. h⊙ (tinggi Matahari) untuk awal Subuh = **-19°34'06.08"**

b. t⊙ (sudut waktu Matahari) awal Subuh

Cos t⊙ = sin h⊙ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ⊙ – tan ϕ^x × tan δ⊙

Cos t⊙ = Sin **-19°34'06.08"** ÷ Cos 0°40'29.334" ÷ Cos -20°21'35" – Tan 0°40'29.334" × Tan -20°21'35"

t⊙ = -110°39'54" ÷ 15

= -07^j 22^m 39,6^d

c. Awal waktu Subuh

= pkl. 12 + (-07^j 22^m 39,6^d)

WH = 04^j 37^m 20.04^d

WIT = WH – e + (λ^d – λ^x) ÷ 15

WIT =pkl.04^{j}37^{m}20.04^d–0^{j}13^{m}39^d+(120°–122°45'59.758") ÷ 15

= pkl. 04:12:37,41 WITA

= pkl. 04:15 WITA

7. Terbit Matahari

a. h⊙ (tinggi Matahari) saat terbit/terbenam = **-01°05'14.52"**

b. t⊙ (sudut waktu Matahari) saat terbit Matahari

Cos t⊙ = sin h⊙ ÷ cos ϕ^x ÷ cos δ⊙ – tan ϕ^x × tan δ⊙

Cos t⊙ = sin **-01°05'14.52"** ÷ cos 0°40'29.334" ÷ cos -20°21'35" – tan 0°40'29.334" × tan -20°21'35"

t⊙ = -90°54'33.99" ÷ 15

= -06^j 03^m 38.27^d

c. Awal waktu Terbit

= pkl. 12 + (-06^{j} 03^{m} 38.27^{d})

WH = 05^{j} 56^{m} 21.73^{d}

WIT = WH – e + (λ^{d} – λ^{x}) ÷ 15

WIT = pkl. 05^{j} 56^{m} 21.73^{d} – 0^{j} 13^{m} 39^{d} + (120°–122°45'59.758") ÷ 15

= pkl. 05:31:38,75 WITA

= pkl. 05:29 WITA

8. Waktu Duha

a. h☉ (tinggi Matahari) saat Dhuha = + 4°30'

b. t☉ (sudut waktu Matahari) saat Dhuha

Cos t☉ = sin h☉ ÷ cos ϕ^{x} ÷ cos δ☉ – tan ϕ^{x} × tan δ☉

Cos t☉ = sin 4°30' ÷ cos 0°40'29.334" ÷ cos -20°21'35" – tan 0°40'29.334" × tan -20°21'35"

t☉ = -84°56'51.94" ÷ 15

= -05^{j} 39^{m} 47.46^{d}

c. Awal waktu Duha

= pkl. 12 + (-05^{j} 39^{m} 47.46^{d})

WH = 06^{j} 20^{m} 12.54^{d}

WIT = WH – e + (λ^{d} – λ^{x}) ÷ 15

WIT = pkl. 06^{j} 20^{m} 12.54^{d} – 0^{j} 13^{m} 39^{d} + (120°–122°45'59.758") ÷ 15

= pkl. 05:55:29,55 WITA

= pkl. 05:58 WITA

BAB
6

KALENDER SYAMSIAH

Kalender Syamsiah adalah kalender dengan sistem penanggalan berdasarkan perhitungan revolusi Bumi selama satu tahun. Menurut sejarah, sistem penanggalan syamsiah pertama kali diperkenalkan oleh bangsa Romawi Kuno. Pada perkembangannya, penggunaan konsep kalender penanggalan ini terjadi beberapa kali perubahan yang terkenal adalah Almanak Julian dan Almanak Gregorian.

1. Almanak Julian

Almanak Julian berasal dari nama Julius Caeser, yaitu orang yang menentukan sistem penanggalan pada tahun 46 SM. Menurut almanak ini, setahun terdiri dari 12 bulan yang dimulai dengan 1 Januari dan berakhir pada tanggal 31 Desember. Sebelumnya, bulan yang pertama adalah bulan Maret, bulan yang kedua bulan April, dan bulan yang terakhir adalah bulan Pebruari. Bukti-bukti kebenaran dan keterangan ini ialah bulan September menurut arti bahasa adalah tujuh, dan bulan oktober

delapan. Akan tetapi, karena permulaan tahun tidak dihitung pada bulan Maret, melainkan maju ke bulan Januari, maka menjadilah bulan September sebagai bulan yang kesembilan dan bulan Oktober sebagai bulan yang kesepuluh. Permulaan bulan pada penanggalan Julian ini dimulai pada *spiring equinox*[96]. Pada mulanya, ide tersebut tidak mendapatkan respon dan tidak disetujui oleh Dewan Perwakilan Rakyat Yunani. Lalu karena adanya kesepakatan dan kompromi, maka diterima.

Almanak Julian ini dihitung menurut waktu lama Bumi bergeser mengitari Matahari (*revolusi*) jangka satu tahun yang ternyata tidak persis 365 hari, namun selama jangka $365^{h}\ 5^{j}\ 48^{m}\ 46^{d}$ atau dibulatkan menjadi 365 1/4 hari. Karena adanya pembulatan menjadi 365 1/4 hari ini, Caesar membuat reformasi almanak. Lalu ia menetapkan bahwa setiap 4 tahun, kelebihan 1 hari ini ditambahkan pada bulan Pebruari pada tahun yang habis dibagi dengan bilangan 4. Selanjutnya tahun tersebut dinamakan tahun kabisat (*Leap Year*); yaitu tahun panjang, dimana bulan Pebruari-nya berumur 29 hari, sehingga tahun kabisat selama satu tahun berumur 366 hari. Sedangkan tahun basithah (*Common year*) adalah tahun pendek, karena pada bulan Pebruari-nya berumur 28 hari, sehingga jangka satu tahun berumur 365 hari.

Sistem penanggalan Julian ini mengabaikan bilangan $0^{j}\ 11^{m}\ 14^{d}$ padahal yang semestinya pada setiap 128 tahun sistem penanggalan diajukan 1 hari. Hal ini tidak diperhatikan sampai pada tahun 325 M. Lalu terjadilah permasalahan dan kesimpang-siuran. Hal ini terjadi pada konsili di Nicea dimana penanggalan Julian diloncatkan 3 hari. Pada sistem penanggalan ini juga mengenal tahun kabisat yang dimulai pada tiap tahun ketiga. Pada tahun 4 SM, penerus Julius yaitu Agus Caesar

96 Titik Musim Semi Matahari menandai dimulainya musim semi astronomis. Titik ini tejadi sekitar tanggal 20 Maret di belahan bumi utara dan 23 September di belahan bumi selatan. Sebaliknya, autumnal equinox atau titik Musim Gugur Matahari untuk belahan bumi utara dan selatan merupakan kebalikannya dari titik Musim Semi Matahari masing-masing.

menghentikan tahun kabisat yang biasanya terjadi pada tahun ketiga, diganti dengan tahun keempat. Akhirnya almanak Julian tersebar dikalangan kerajaan Romawi, dan para gereja-gereja Kristen yang selanjutnya mewarisi dan menjadi institusi kerajaan.

2. Almanak Gregorian

Penetapan Almanak Gregorian dicetuskan oleh Paus Gregorius XIII yang memiliki nama kelahiran Ugo Buoncompagno (lahir pada Selasa Legi 7 Januari 1502 M /17 Jumadil Akhir 907 H dan meninggal pada Rabu Kliwon tanggal 10 April 1585 M/ 9 Rabi'ul Akhir 993 H). Ia menjabat menjadi Paus antara tahun 1572–1585 M. Ia terkenal karena yang menetapkan sistem almanak Gregorian, yaitu almanak Julian yang disempurnakan pada 1582 M.

Almanak Gregorian merupakan almanak yang sekarang paling banyak dipakai di dunia Barat dan merupakan modifikasi dari almanak Julian. Adapun yang pertama kali mengusulkannya ialah Doktor Aloysius Lilius dari Napoli, Italia dan disetujui oleh Paus Gregorius XIII pada hari Rabu Wage tanggal 24 Pebruari 1582 M/20 Muharam 990 H. Kejadian itu merupakan peristiwa bersejarah sistem anggaran baru almanak Masehi. Satu tahun tidak lagi dihitung $365^{h}\ 6^{j}$ hari, namun $365^{h}\ 5^{j}\ 48^{m}\ 46^{d}$ hari. Atas dasar ketentuan inilah, maka setiap 400 tahun akan tenjadi selisih tiga hari dengan anggaran Julian. Selisih tiga hari ini diatasi dengan cara setiap bilangan abad yang tidak habis dibagi empat dianggap tahun Basithah, sedangkan bilangan abad yang habis dibagi empat dianggap tahun Kabisat.

Almanak ini diciptakan karena almanak Julian dinilai kurang akurat, karena pada permulaan musim semi (21 Maret) semakin maju, sehingga perayaan Paskah yang sudah disepakati sejak Consili Nicea I pada tahun 325 M tidak tepat lagi tanggal dan bulannya. Setelah almanak Julian digunakan selama 15 abad,

maka timbullah keraguan mengenai kebenaran sistem ini. Satu hal yang menarik perhatian dan justru sebagai pengungkap kesalahan sistem itu ialah pada saat penentuan wafatnya Nabi Isa As. (*Easter day*), yang diyakini oleh orang-orang Gereja jatuh pada hari Minggu setelah bulan purnama yang selalu terjadi setelah tanggal 21 Maret.

Namun, ternyata mereka memperingati wafatnya Nabi Isa As tidak lagi pada saat hari Minggu setelah terjadinya bulan purnama setelah Matahari berada di titik Aries, namun sudah lama beberapa hari berlalu. Keragu-raguan seperti itu mengetuk hati Paus Gregorius ke XIII untuk melakukan koreksi-koreksi.

Akan tetapi, masalah itu baru diperhatikan dengan serius pada masa Paus Gregorius ke XIII, yang juga dikenal sebagai Paus *renaissance,* dimana ia membentuk sebuah komisi yang beranggotakan Ignazio Danti, seorang ilmuan di bidang ilmu matematika pada waktu itu. Anggota lainnya bernama Christoph Claviusa, seorang ahli perhitungan dari Universitas Bamberg Jerman. Dan yang terakhir adalah Ingatius Patriach dari Antiochia. Ketiga orang tersebut merupakan ahli pada bidang perhitungan.

Ide reformasi almanak mendapat sambutan hangat dari universitas-universitas di Eropa waktu itu, namun terdapat golongan yang tidak menyetujuinya, yaitu golongan cendekiawan Prancis. Mereka beranggapan bahwa waktu itu penguasa di Roma tidak lagi mempunyai otoritas menentukan perubahan almanak.

Dengan terjadinya peristiwa tersebut, maka mereka tenggelam ke dalam kesalahan yang berlarut-larut. Kesalahan itu disebabkan oleh tidak adanya koreksi penanggalan. Pada pertengahan bulan September 1580 M, kepausan melakukan koreksi penanggalan. Namun karena belum ada persetujuan dari dewan gereja Timur yang berada di Roma, maka mereka

belum bisa membuat keputusan resmi. Dan, akhirnya pada hari Selasa Wage, tanggal 24 Februari 1582 M, keluarlah sebuah buku yang benama "*Bulla Inter Gravitassimas*" yang mengatur tentang sistem penanggalan baru yang terkenal dengan nama almanak Gregorian.

Atas saran dari Klafius, Paus Gregorius melakukan koreksi terhadap penanggalan yang berlaku pada saat itu, yaitu dengan memotong 10 hari. Ia memerintahkan agar keesokan harinya tidak lagi dibaca hari Kamis Legi, tanggal 4 oktober 1582 M, namun dibaca hari Jum'at Pahing tanggal 15 oktober 1582 M. Penggunaan sistem ini diharapkan agar peringatan wafatnya Nabi Isa As. betul-betul menjiwai keadaan sesungguhnya, yaitu jatuh pada bulan purnama segera saat Matahari melintasi titik Aries (21 Maret).

Almanak baru ini mendapatkan perlawanan sangat keras, terutama dari kalangan gereja Protestan. Mereka melihat otoritas kepausan itu sendiri sudah sebagai suatu kesalahan, sehingga mereka pun tidak bisa menerima keberadaan almanak yang dikeluarkan oleh otoritas yang keliru itu. Gereja Anglikan yang berada di Inggris justru dengan terang-trangan menolak dan tetap memberlakukan almanak Julian seperti sebelumnya.

Sebenarnya masalah perbedaan ini dapat dipecahkan dengan hari-hari kabisat yang ada pada almanak yang ada sekarang. Pada almanak Julian, setiap tahun yang bisa dibagi dengan 4 merupakan tahun kabisat. Padahal masa revolusi Bumi mengelilingi Matahari selama $365^h\ 5^j\ 48^m\ 46^d$ dibulatkan menjadi $365^h\ \ 6^j$, atau 365,25 hari. Dengan pembulatan ini, maka terjadi loncatan $0^j\ 11^m\ 14^d$. Pada 128 tahun terjadi loncatan dan terkumpul menjadi $23^j\ 57^m\ 52^d$ yang dibulatkan menjadi 24 jam, atau 1 hari. Akibat dari pembulatan yang dilakukan untuk membulatkan menjadi 1 hari, atau 24 jam, maka terjadi loncatan lagi sebesar $0^j\ 2^m\ 8^d$. Pada masa 86400

tahun, loncatan 0^j 2^m 8^d terkumpul menjadi 24^j 00^m 0^d,01, atau 1 hari.

Oleh karena itu, untuk menjaga agar kesalahan-kesalahan tersebut tidak terulang kembali, maka dibuatlah 2 ketetapan:

1. Ketetapan Pertama, penanggalan Masehi harus diajukan 10 hari (Kamis Legi, 4 oktober 1582 M berikutnya Jum'at Pahing, 15 oktober 1582 M).
2. Ketetapan Kedua, tahun ratusan yang tidak habis dibagi 400 ditetapkan sebagai tahun Basithah. Misalnya tahun 1700, 1800, 1900, 2100, 2200, dst.
    a. Tahun Kabisat adalah tahun Masehi yang habis dibagi 4 saja untuk Periode Julian.
    b. Tahun Kabisat adalah tahun Masehi yang habis dibagi 4 atau 400 untuk Periode Gregorian.

Namun demikian, peniadaan tahun kabisat pada tahun abad yang tidak dapat di bagi 400, yaitu untuk masa tertentu (3.323 tahun) masih tetap akan terdapat selisih 1 hari. Oleh karena itu, untuk menyesuaikannya harus menjadi 1 tahun kabisat lagi. Jadi, kekurangan 0^j 11^m 14^d di atas salama 4 abad (400 tahun) = 400 x 0^j 11^m 14^d = 74^j 53^m 20^d. Nilai tersebut sama dengan 3^h 2^j 53^m 20^d, berarti 3 hari lebih 2^j 53^m 20^d. Dalam jangka waktu 3.323 tahun, kelebihan itu akan berjumlah 24 jam (1 hari).[97]

Rata 365 hari pada satu tahun, maka ada kelebihan 5^j 48^m 46^d dikalikan 4 tahun = 23^j 15^m, maka 24^j –23^j 15^m = 45^m, sehingga ada kekurangan 45^m dikalikan dengan 100 tahun = 4500 menit ÷ 60^m = 75^j, kelebihan 75 jam, kemudian dibagi 24^j = 3^h 3^j. kurang lebih 3^j di kalikan 8 =1 hari kurang, maka 1^h dikalikan dengan 4 tahun dikaliklan 100 tahun dikalikan 8

97 ....., *Almanak Sepanjang Masa Sejarah Sistem Penanggalan Masehi Hijriyah dan Jawa*, Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang, 2011. hlm, 41.

= 3200 tahun. Dari sinilah tahun ke-1, 2, dan 3 adalah tahun basithah dan pada tahun ke 4 adalah tahun Kabisat. Ini berlaku juga pada tahun 100, 200, 300 adalah tahun basithah dan tahun 400 adalah tahun kabisat. Maka tahun 3200 M yang akan datang kurang satu hari, maka dijadikan tahun basithah.

Untuk menghadapi perhitungan yang rumit, maka memerlukan penyederhanaan lagi. Satu siklus (4 tahun) dianggap sama-rata besarnya, yaitu 1461 hari. Dengan demikian, untuk memperoleh jumlah hari, maka dapat dirumuskan bilangan tahun dibagi empat, lalu dikalikan 1461 hari, sesudah itu hasilnya dikurangi 13 hari. Bilangan 13 hari ini berasal dua kejadian. Pertama, jumlah 10 hari akibat dari pembaharuan sistem Gregorian yang mengakibatkan majunya hari dari tanggal 5 Oktober menjadi 15 Oktober 1582 M. Kedua, jumlah 3 hari ialah berasal dari abad ke-17, 18, dan abad ke-19 pada perhitungan dianggap sebagai tahun panjang, padahal semestinya tahun pendek.

Setelah almanak Gregorian dicanangkan, tidak semua negara mau memakainya. Hal ini dikarenakan mereka masih mengikuti keyakinan dan kepercayaan dari dewan gereja yang masih menggunakan sistem penanggalan Julian. Kejadian ini berlangsung cukup lama, hingga berselang kurang lebih 3 abad, barulah hampir di semua negara mau meng-implementasikannya. Misalnya, Rusia baru meng-implementasikan System Penanggalan Gregorian pada tahun 1918 M. Dengan demikian Revolusi Komunis Rusia yang sekarang diperingati setiap tanggal 7 November disebut sebagai Revolusi Oktober.

Menjelang akhir abad ke-17 tahun 1698, seorang ilmuwan Jerman yang berwibawa saat itu, Prof. Dr. Erhard Weigel mengirim surat kepada raja-raja Eropa yang beragama Protestan agar mau menerima almanak Gregorian. Weigel menegaskan bahwa pemakaian almanak itu tidaklah berarti tunduk kepada

Paus. Kata Weigel, hal ini adalah masalah ketepatan peredaran benda langit dan bukan masalah agama.

Oleh karena itu, pada awal abad ke-18, negara-negara Protestan menerima almanak Gregorian. Inggris negara Anglikan mengikuti pada tahun 1752 M, dengan menyatakan tanggal 2 September 1752 M langsung disusul oleh 14 September 1752 M. Hal ini juga berlaku untuk seluruh jajahan Inggris, termasuk Amerika Utara (Amerika Serikat dan Kanada sekarang) yang saat itu belum merdeka. Akibatnya, George Washington yang nantinya menjadi presiden pertama Amerika Serikat terpaksa mengubah tanggal lahirnya dari 11 Pebruari 1732 M menjadi 22 Pebruari 1732 M.[98]

Negara-negara Eropa Timur yang menganut Kristen ortodoks baru menerima almanak Gregorian sesudah Perang Dunia I berakhir. Rusia memberlakukannya tahun 1918 M dengan menyatakan bahwa 31 Januari langsung disusul 13 Pebruari. Hari penghapusan kekaisaran Rusia yang berlangsung tanggal 7 November 1917 M (menurut almanak Gregorian) sampai sekarang masih disebut "Revolusi Oktober", karena hari itu di Rusia masih menggunakan almanak Julian tanggal 25 Oktober. Negara Eropa terakhir yang menerima almanak Gregorian adalah Yunani di tahun 1923 M.

Akan tetapi, almanak Julian tetap digunakan oleh Gereja ortodoks khusus untuk menentukan Hari Natal. Sampai sekarang mereka merayakan Natal pada tanggal 7 Januari (25 Desember menurut almanak Julian), dua minggu lebih lambat daripada umat Kristen lainnya.

Di negara-negara Asia, Afrika, dan Amerika Latin, penyebaran almanak Gregorian dilakukan oleh negara-negara Eropa yang menjajahnya. Di Indonesia sendiri, sampai awal abad ke-20, almanak Hijriah masih dipakai oleh raja-raja Nusantara.

98 Ibid. hlm, 42

Bahkan, raja Karangasem yang beragama Hindu, Ratu Agung Ngurah, didalam surat-suratnya kepada Gubernur Jenderal Hindia Belanda yang beragama Nasrani, otto van Rees, pada tahun 1894 masih menggunakan almanak 1313 Hijriah.

Almanak Gregorian secara resmi dipakai di seluruh Indonesia mulai tahun 1910 M dengan berlakunya *Wet op het Nederlandsch onderdaanschap*, hukum yang menyeragamkan seluruh rakyat Hindia Belanda. Maka tercapailah niat Octavianus Augustus yang ingin namanya abadi. Nama Kaisar Romawi ini senantiasa diucapkan ratusan juta orang Indonesia setiap tahun ketika mereka merayakan hari proklamasi kemerdekaan.

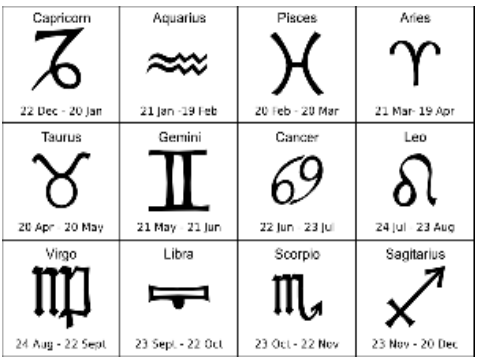
Di Indonesia, sistem Gregorian itu berlaku sejak negara Belanda memasuki Indonesia sekitar pada tahun 1600-an, karena di negeri Belanda sendiri sistem penanggalan itu diberlakukan sejak tahun 1583 M. Di negara Swedia, sistem penanggalan ini mulai digunakan pada tahun 1753 M, di negara Jepang pada tahun 1873 M, di negara Cina pada tahun 1912 M, dan yang terakhir ialah di negara Turki pada tahun 1927 M.

Selanjutnya, ketentuan-ketentuan yang perlu diketahui ialah untuk bulan Januari, Maret, Mei, Juli, Agustus, Oktober, dan Desember ditentukan panjang masing-masing harinya 31 hari. Sedangkan bulan-bulan April, Juni, September, dan November ditentukan masing-masing lamanya 30 hari. Khusus bulan Pebruari, untuk tahun-tahun pendek dihitung 28 hari, sedangkan untuk tahun-tahun panjang dihitung 29 hari.

No	Bulan	Hari	Kabisat	Basitoth
1	Januari	31	31	31
2	Pebruari	28/29	60	59
3	Maret	31	91	90
4	April	30	121	120
5	Mei	31	152	151
6	Juni	30	182	181

7	Juli	31	213	212
8	Agustus	31	244	243
9	September	30	274	273
10	Oktober	31	305	304
11	November	30	335	334
12	Desember	31	366	365

Jumlah hari tahun kabisat 366. Sedangkan jumlah hari tahun basithah berjumlah 365.



Gambar:1. Zodiak

3. Cara menetukan hari tahun Masehi

1. Tahun dibagi 28.
2. Kemudian sisa dari pembagian 28; dibagi 4, dan hasilnya pembagian 4, apabila jatuh pada tahun kabisat, maka hasil dari pembagian dikurangi 1 dan hasilnya berapa kemudian ditambahkan dengan hasil sisa.
3. Setelah di jumlah hasilnya dibagi 7, semua dari sisa lalu dijumlah untuk menjadikan hari. Adapun hari dimulai dari hari Ahad 1, senin 2, Selasa 3, Rabu 4, Kamis 5, jum'at 6, sabtu 0/7.

1) Contoh menentukan hari 1 Januari 2016 M (Kabisat)

28/2016 = 72

2016–

4/0 = 0–1= 6

Sisa 6

Jadi 1 Januari 2016 Jatuh Pada Hari Jum'at

2) Contoh menentukan hari 1 Januari 2016 M (Kabisat)

28/2016 =1

1988–

4/28 = 7–1=6

6+

7/34 = 4

28–

Sisa 6

Jadi 1 Januari 2016 Jatuh Pada Hari Jum'at

3. Contoh menentukan hari 1 Januari 2017 M (Basithah)

28/2017 = 72

2016–

Sisa 1

Jadi 1 Januari 2017 Jatuh Pada Hari Ahad

4. Contoh menentukan hari 1 Januari 2024 M (Kabisat)

28/2024 =72

2016–

4/8 =2–1= 1

1+

7/9

7–

Sisa 2

Jadi 1 Januari 2024 Pada Hari Senin

5. Contoh menentukan hari 1 Januari 2043 M (Basithah)

28/2043= 72
2016–
4/27= 6
6+
7/33= 4
28–
Sisa 5

Jadi 1 Januari 2043 Jatuh Pada Hari Kamis

4. Cara menentukan Pasaran Masehi

1. Tahun dibagi 20, lalu sisanya dibagi 4.
2. Hasilnya? + Legi (Kabisat) dan Pahing (Basithah)

1. Contoh menentukan pasaran 1 Januari 2016 M (Kabisat)

20/2016= 100
2000–
4/16= **4 + Legi**
16–
0 (kabisat)

Jadi 1 Januari Tahun 2016 M pasaran Kliwon

2. Contoh menentukan pasaran 1 Januari 2017 M (Basithah)

20/2017= 100
2000–
4/17 = **4 + Pahing**
16–
1 (Basithah)

Jadi 1 Januari Tahun 2017 M pasaran Legi

3. Contoh menentukan pasaran 1 Januari 2024 M (Kabisat)

20/2024= 100

2000–

4/24 = **6 + Legi**

24–

0 (Kabisat)

Jadi 1 Januari Tahun 2024 M pasaran Pahing

4. Contoh menentukan pasaran 1 Januari 2043 M (Basithah)

20/2043 = 100

2000–

4/43 = **10 + Pahing**

40–

3 (Basithah)

Jadi 1 Januari Tahun 2043 M pasaran Pahing

No	Bulan	Hari	Jmh	Pasaran	Jmh
1	Januari	3	3	1	1
2	Pebruari	$0^b/1^k$	$3^b/4^k$	$3^b/4^K$	$4^b/5^K$
3	Maret	3	$6^b/7^k$	1	$5^b/6^K$
4	April	2	$8^b/9^k$	0	$5^b/6^K$
5	Mei	3	$11^b/12^k$	1	$6^b/7^K$
6	Juni	2	$13^b/14^k$	0	$6^b/7^K$
7	Juli	3	$16^b/17^k$	1	$7^b/8^K$
8	Agustus	3	$19^b/20^k$	1	$8^b/9^K$
9	September	2	$21^b/22^k$	0	$8^b/9^K$
10	Oktober	3	$24^b/25^k$	1	$9^b/10^K$
11	November	2	$26^b/27^k$	0	$9^b/10^K$
12	Desember				

Tabel untuk menetukan hari dan pasaran

Contoh tahun 2017 jatuh pada hari Ahad Legi

No	Bulan	Jmh	Hari	Jmh	**pasaran**
1	Januari	+3	Ahad	+1	Legi
2	Pebruari	+0	Rabu	+3	Pahing
3	Maret	+3	Rabu	+1	Kliwon
4	April	+2	Sabtu	+0	Legi
5	Mei	+3	Senin	+1	Legi
6	Juni	+2	Kamis	+0	Pahing
7	Juli	+3	Sabtu	+1	Pahing
8	Agustus	+3	Selasa	+1	Pon
9	September	+2	Jum'at	+0	Wage
10	Oktober	+3	Ahad	+1	Wage
11	November	+2	Rabu	+0	Kliwon
12	Desember		Jum'at		Kliwon

Tabel perbedaan tahun Julian dan Gregorian adalah sebagai berikut:

Tahun	Menurut		Tahun	Menurut	
	Julian	**Gregorian**		**Julian**	**Gregorian**
1600	Kabisat	Kabisat	1600	Kabisat	Kabisat
1602	Basithah	Basithah	1604	Kabisat	Kabisat
1612	Kabisat	Kabisat	1614	Basithah	Basithah
1722	Basithah	Basithah	1624	Kabisat	Kabisat
1700	Kabisat	Basithah	1700	Kabisat	Basithah
1736	Kabisat	Kabisat	1738	Basithah	Basithah
1746	Basithah	Basithah	1748	Kabisat	Kabisat
1800	Kabisat	Basithah	1800	Kabisat	Basithah
1854	Basithah	Basithah	1852	Kabisat	Kabisat
1864	Kabisat	Kabisat	1862	Basithah	Basithah
1900	Kabisat	Basithah	1900	Kabisat	Basithah
1966	Basithah	Basithah	1968	Kabisat	Kabisat

1976	Kabisat	Kabisat	1978	Basithah	Basithah
2000	Kabisat	Kabisat	2000	Kabisat	Kabisat

Pada daftar di atas nampak bahwa selama 400 tahun, almanak Gregorian berhasil meniadakan tiga kali tahun kabisat. Hal ini berarti bahwa almanak Gregorian berhasil memperkecil kesalahan almanak Julian. Ketentuan-ketentuan ini masih tetap berlaku sampai sekarang, sehingga penanggalan sekarang ini disebut almanak, atau penanggalan Gregorian.

When the Julian calendar was corrected by Pope Gregory in 1582, ten days were dropped from the calendar count, as shown here. What would have been Friday the 5th became Friday the 15th. The continuity of the days of the week was not altered or interrupted, nor has it been in any calendar change since.

Gambar:2. Kalender Gregorian

BAB

7

KALENDER KAMARIAH

Waktu adalah suatu hal yang sangat penting, karena segala kegiatan manusia tidak bisa terlepas dari waktu. Begitu juga agama Islam yang banyak ritualitas keabsahannya sangat ditentukan oleh waktu, seperti; salat, puasa, zakat, dan haji. Berawal dari hal ini, maka disusunlah sebuah kalender yang merupakan manifestasi dari satuan waktu, dimana satuan-satuan tersebut dinotasikan berupa hari, bulan, tahun, dan sebagainya. Satuan-satuan ini sangat berperan penting bagi kepentingan ibadah manusia.

Sebagaimana telah disinggung di muka, lama satu tahun Syamsiah ialah 365 hari untuk tahun pendek dan 366 hari untuk tahun panjang. Adapun untuk tahun Kamariah, lamanya adalah 354 hari untuk tahun pendek dan 355 hari untuk tahun panjang. Dengan demikian, perhitungan tahun Kamariah lebih cepat 10 sampai 11 hari di setiap tahunnya apabila dibandingkan dengan

tahun Syamsiah. Sedangkan untuk tahun Saka[99], penetapan hari dan bulannya adalah sebagaimana tahun Kamariah secara 'Urfi.

Tahun Kamariah, jumlah hari pada tiap bulannya sama dengan satu *synodic*[100], sehingga jumlah hari pada satu bulan selama satu tahun akan bergantian antara 29 atau 30 hari. Pada penentuan awal bulan Kamariah, terdapat dua kelompok besar, yaitu; hisab dan rukyat. Kelompok hisab mengatakan bahwa awal bulan Kamariah harus ditentukan melalui perhitungan, sedangkan kelompok rukyat berpendapat bahwa penentuan tersebut harus dengan melihat hilal pada sore hari di tanggal 29 bulan Kamariah.

Penggunaan metode hisab dan rukyat pada penetapan awal bulan Kamariah menjadi persoalan yang menarik, karena tidak jarang terjadi perbedaan untuk mengawali ataupun mengakhiri ibadah-ibadah pokok pada ajaran Islam, seperti; puasa, idul Fitri, dan idul Adha.

Terkait dengan itu semua, di Indonesia masih banyak aliran hisab pada penentuan awal bulan Kamariah, yakni dari mulai hisab *'urfi*, hisab hakiki *taqribi*, hisab *hakiki bit-tahqiq,* dan hisab kontemporer. Dan hampir semua sistem hisab tersebut sudah menyebar di kalangan masyarakat, baik pada kalangan pesantren, perguruan tinggi maupun masyarakat pada umumnya, meskipun belum merata. Oleh karena itu, setidaknya ada pemahaman dan kesepakatan untuk hisab sebagai acuan perhitungan (visibilitas hilal), yang dapat dilakukan oservasi (rukyat), supaya tidak terjadi perbedaan memulai dan mengakhiri puasa.

---

99 Tahun Jawa di sebut juga tahun Aji Saka, karena permulaan perhitungannya di mulai oleh seorang raja dari keturunan Aji Saka, pada tahun 78 M.

100 *Synodic* atau pada istilah falak Ijtima' adalah durasi yang dibutuhkan oleh Bulan berada pada suatu fase Bulan baru ke fase Bulan baru berikutnya. Adapun waktu yang dibutuhkan adalah 29,530588 hari atau 29 hari 12 jam 44 menit 2,8 detik.

A. Sejarah Kalender Hijriah

Kalender Hijriah atau Kalender Islam adalah kalender yang digunakan oleh umat Islam, baik dalam menentukan tanggal atau bulan yang berkaitan dengan ibadah, maupun hari-hari penting lainnya. Adapun kalender ini dinamakan Kalender Hijriah, karena pada tahun pertama kalender ini adalah tahun dimana terjadi peristiwa Hijrah-nya Nabi Muhammad Saw. dari kota Mekah ke kota Madinah, yakni pada tahun 622 M. (Kamis Kliwon, 15 juli 622 M/1 Muharam 1H). Sedangkan di beberapa negara yang berpenduduk mayoritas Islam, Kalender Hijriah juga digunakan sebagai sistem penanggalan sehari-hari. Berbeda dengan kalender Masehi yang menggunakan peredaran Matahari, kalender Islam menggunakan peredaran Bulan sebagai acuannya.

Sebelum kedatangan Islam, masyarakat Arab sudah menggunakan kalender dengan berbagai sistem, mulai *lunar system* (Kamariah) *solar system* (Syamsiah) maupun *luni solar system* (perpaduan Syamsiyah dan Kamariah). *Luni solar system* ini sempat menjadi terkenal dan banyak dipakai dikalangan bangsa Arab pra Islam dimana Awal bulan hijriah dimulai dengan munculnya Bulan (Hilal), dimana jumlah harinya berselang-seling antara 29 dan 30, sehingga satu tahun terdiri dari 354 hari atau 11 hari lebih cepat daripada kalender Syamsiah yang 365 hari selama setahun. Adapun agar sesuai dengan perjalanan Matahari dan agar tahun baru selalu jatuh pada awal musim gugur, maka setiap periode 19 tahun ada 7 tahun yang jumlah bulannya 13 (satu tahunnya 384 hari). Bulan ekstra ini disebut dengan bulan *nasi'* yang ditambahkan setelah bulan Zulhijjah.

Akan tetapi, ternyata tidak semua kabilah Arab sepakat untuk menentukan tahun apa saja yang mempunyai bulan *nasi'* (interkalasi). Terdapat satu kabilah yang meletakkan bulan *nasi'* pada tahun tertentu, sedangkan yang lain tidak. Akibatnya, apabila satu kabilah tidak meletakkan bulan *nasi'* berarti mereka

pada bulan tersebut dilarang berperang, karena masuk bulan Muharam. Sementara itu, kabilah yang meletakkan bulan *nasi'* akan bebas melakukan peperangan di bulan itu, karena mereka beralasan masih bulan *nasi'*. Oleh karena itu, bulan ekstra ini menimbulkan banyak permusuhan di kalangan orang Arab.

Bulan *nasi'* juga menjadi jalan bagi sekelompok kabilah untuk kepentingan pribadi dan kabilah mereka sesuai kebutuhan. Mereka menjadikan Muharam sebagai Shafar, sehingga mereka bisa menghalalkan banyak hal yang dilarang pada bulan Muharam tersebut. Pada firman Allah Swt:

إِنَّ عِدَّةَ الشُّهُورِ عِنْدَ اللهِ اثْنَا عَشَرَ شَهْرًا فِي كِتَابِ اللهِ يَوْمَ خَلَقَ السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضَ مِنْهَا أَرْبَعَةٌ حُرُمٌ ذَلِكَ الدِّينُ الْقَيِّمُ فَلَا تَظْلِمُوا فِيهِنَّ أَنْفُسَكُمْ وَقَاتِلُوا الْمُشْرِكِينَ كَافَّةً كَمَا يُقَاتِلُونَكُمْ كَافَّةً وَاعْلَمُوا أَنَّ اللهَ مَعَ الْمُتَّقِينَ ، إِنَّمَا النَّسِيءُ زِيَادَةٌ فِي الْكُفْرِ يُضَلُّ بِهِ الَّذِينَ كَفَرُوا يُحِلُّونَهُ عَامًا وَيُحَرِّمُونَهُ عَامًا لِيُوَاطِئُوا عِدَّةَ مَا حَرَّمَ اللهُ فَيُحِلُّوا مَا حَرَّمَ اللهُ زُيِّنَ لَهُمْ سُوءُ أَعْمَالِهِمْ وَاللهُ لَا يَهْدِي الْقَوْمَ الْكَافِرِينَ

"Sesungguhnya bilangan bulan pada sisi Allah adalah dua belas bulan, dalam ketetapan Allah di waktu dia menciptakan langit dan bumi, di antaranya empat bulan haram. Itulah (ketetapan) agama yang lurus, Maka janganlah kamu menganiaya diri kamu dalam bulan yang empat itu, dan perangilah kaum musyrikin itu semuanya sebagaimana merekapun memerangi kamu semuanya, dan Ketahuilah bahwasanya Allah beserta orang-orang yang bertakwa. Sesungguhnya mengundur-undurkan bulan Haram itu adalah menambah kekafiran. disesatkan orang-orang yang kafir dengan mengundur-undurkan itu, mereka menghalalkannya pada suatu tahun dan mengharamkannya pada tahun yang

lain, agar mereka dapat mempersesuaikan dengan bilangan yang Allah mengharamkannya, Maka mereka menghalalkan apa yang diharamkan Allah. (syaitan) menjadikan mereka memandang perbuatan mereka yang buruk itu. dan Allah tidak memberi petunjuk kepada orang-orang yang kafir". (QS. At-Taubah: 36-37).

Dengan turunnya wahyu di atas, Rasulullah Saw. menetapkan bahwa kalender Islam tidak lagi bergantung kepada perjalanan Matahari, namun menggunakan kalender Kamariah murni, serta menghilangkan tradisi penambahan bulan ke-13 (nasi').

Walaupun penetapan kalender telah ada di zaman Rasulullah Saw. dan bulannya sudah ada sejak pra-Islam, namun penomoran tahun masih belum dikenal. Mereka menandai tahun-tahunnya dengan peristiwa-peristiwa penting yang terjadi di sekitarnya. Misalnya, tahun dimana Nabi Muhammad Saw. lahir, dikenal dengan sebutan "Tahun Gajah". Hal itu karena pada waktu itu terjadi penyerbuan Ka'bah di Mekah oleh pasukan gajah yang dipimpin oleh Gubernur Yaman, Abrahah.

Penomoran kalender Islam baru ada pada di zaman khalifah Umar bin Khathab (632H-634H), tepatnya pada tahun 638 H. Adapun penyebabnya ialah surat Abu Musa al-Asyari untuk khalifah Umar yang berisi: "Surat-surat kita sudah memiliki tanggal dan bulan, namun tidak berangka tahun. Menurutku sekarang sudah saatnya umat Islam membuat tarikh perhitungan tahun sendiri".

Khalifah pun menyetujui usulan itu dan langsung membentuk panitia yang diketuai langsung oleh beliau dengan enam anggota sahabat Nabi terkemuka, yaitu Utsman bin Affan, Ali bin Abi Thalib, Abdurrahman bin Auf, Sa'ad bin Abi Waqas, Thalhah bin Ubaidillah, dan Zubair bin Awam. Mereka bermusyawarah untuk menentukan tahun pertama dari kalender yang selama ini telah digunakan. Ada yang

mengusulkan agar dimulai dari tahun kelahiran Nabi (Tahun Gajah = 571 M), namun ada pula yang mengusulkan dimulai dari tahun turunnya wahyu Allah Swt. yang pertama (bi'tsah = 610 M).

Adapun semua usulan-usulan yang masuk, baik kelahiran Nabi maupun permulaan turun wahyu itu tidak diambil sebagai awal tahun Islam, karena masih terjadi kontroversi mengenai waktu yang pasti dari kejadian sebenarnya. Adapun usulan hari wafatnya Rasulullah Saw. juga tidak diterima sebagai permulaan kalender, karena dipertautkan dengan kenangan menyedihkan pada hari wafat beliau yang mungkin saja akan menjadikan kesedihan kaum muslimin. Sedangkan yang disetujui adalah usulan Sayyidina Ali, yaitu dimulai dari tahun hijrah Rasulullah Saw. ke Madinah. Menurut Umar, hijrah adalah momen yang penting, dimana saat itu antara *haq* dan *bathil* dapat dipisahkan.

Namun demikian, terdapat beberapa versi mengenai kapan peristiwa hijrah terjadi. Imam at-Thabari dan Ibnu Ishaq menyatakan bahwa saat hijrah ke Madinah, Rasulullah Saw. tiba di Quba pada hari Senin, 12 Rabiul Awal tahun 13 kenabian, yakni bertepatan pada tanggal 24 September 622 M, waktu Dhuha (sekitar jam 8.00 atau 9.00). Di sana, Nabi Saw. singgah di tempat tinggal keluarga Amr bin Auf selama empat hari (hingga hari kamis, 15 Rabiul Awal, atau 27 September 622 M). Setelah Masjid Quba dibangun pada tanggal 16 Rabiul Awal, Jumat, 28 September, beliau meneruskan perjalanan menuju Madinah.

Keterangan di atas menunjukkan bahwa Nabi Saw. tiba di Madinah pada hari Jumat 16 Rabiul Awal atau 28 September. Ahli sejarah lainnya berpendapat hari Senin, 12 Rabiul Awal atau 5 Oktober 621 M. Ada pula yang mengatakan pada hari Jumat, 12 Robiul Awal 24 Maret 622 M. Akan tetapi, terlepas dari perbedaan tanggal dan tahun tersebut, para ahli sejarah

bersepakat bahwa hijrah Nabi Saw. terjadi pada bulan Rabiul Awal, bukan di bulan Muharam.

Ketika para sahabat bersepakat menjadikan tahun peristiwa hijrah Nabi Saw. sebagai tahun pertama kalender Islam, lalu timbul permasalahan tentang awal bulan kalender. Ada yang mengusulkan Rabiul Awal, namun ada pula yang mengusulkan Muharam. Maka sayyidina Umar berpendapat bahwa awal bulan hendaknya dimulai dari bulan Muharam, karena pada bulan ini umat Islam baru pulang dari melaksanakan Ibadah Haji.

B. Macam Hisab

Hisab penentuan awal bulan Kamariah sangatlah beragam, yaitu; dari hisab *'urfi*, hisab *hakiki taqribi*, hisab *hakiki bit-tahqiq* dan hisab *hakiki kontemporer*. Hisab *urfi* hanya didasarkan kepada kaidah-kaidah umum dari gerak atau perjalanan Bulan mengelilingi Bumi pada satu Bulan sinodis, yakni satu masa dari ijtimak/konjungsi yang satu ke konjungsi lainnya, yang rata-rata ditempuh selama $29^{h}\ 12^{j}\ 44^{m}\ 2{,}8^{d}$.

Pada hisab urfi, masa ijtima' tersebut dibuat landasan untuk menetapkan umur Bulan, di mana dalam hisab urfi, umur Bulan selalu bergantian antara 30 hari dan 29 hari, kecuali untuk tahun kabisat di Bulan Zulhijjah yang ditetapkan 30 hari. Satuan masa tahun Hijriah urfi adalah 30 tahun, yang terdiri dari 11 tahun kabisat dan 19 tahun basithah. Penetapan 11 tahun kabisat adalah dari bilangan 44 menit 2,8 detik tiap bulan pada satu tahun dikalikan 12, lalu dikalikan 30 (untuk 30 tahun), hingga terjumlah 264 jam 16 menit 48 detik. 264 jam = 11 hari. Dengan demikian, selama 30 tahun ada 11 tahun yang jumlah harinya ditambah satu hari menjadi 355 hari yang diberi nama tahun kabisat. Sedangkan untuk tahun basithah, maka umurnya adalah 354 hari.

Hisab *hakiki taqribi*, maka sesuai dengan namanya, hasilnya baru mendekati kebenaran dan sistemnya sangat sederhana. Hisab *hakiki taqribi* ini dapat dihitung dan diselesaikan tanpa kalkulator dan computer, karena sistem perhitungannya kebanyakan hanya menambah dan mengurangi. Jadi, belum menggunakan rumus-rumus segitiga bola. Adapun perkaliannya hanya ada dua kali, yaitu, *Pertama, al-Bu'du al-Ghair al-Mu'addal* dikalikan 5 menit. *Kedua, al-Bu'du al-Mu'ddal* dikalikan *Khishshah al-Sa'ah*.

Sistem hisab *hakiki taqribi* ini dapat dijumpai di dalam kitab *Sulam al-Naiyyirain* karya K.H. Manshur al-Battawiy, *Fatkhur-Rauf al-Mannan*, dan kitab *al-Khulashah al-Wafiyah*. Pada kitab *Sulam al-Naiyyirain* dan kitab *Fatkhur-Rauf al-Mannan*, maka sistem *taqribi* sudah final. Akan tetapi, di dalam kitab *al-Khulashah al-Wafiyah*, sistem *taqribi* belumlah final, namunbaru proses awal yang harus dilalui untuk melakukan hisab *hakiki bit-tahqiq*.

Hisab *hakiki taqribi* pada penetuan awal Bulan Kamariah hanyalah mencari waktu ijtima'. Ketika ijtima' terjadi sebelum Maghrib, maka tinggi hilal selalu positif, karena untuk mendapatkan tinggi hilal, rumusnya hanyalah waktu Maghrib dikurangi waktu ijtima', sisanya dibagi dua, lalu dikalikan 1 derajat.

Hisab *hakiki bit-tahqiq* merupakan lanjutan dari hisab *hakiki taqribi*. Hisab *hakiki bit-tahqiq*, pada proses perhitungannya mendetail dengan menggunakan rumus-rumus segitiga bola. Hisab *hakiki bit-tahqiq*, untuk hisab awal bulan Kamariah, maka konsentrasi tidak hanya menghitung waktu ijtima' saja, namun juga harus memperhatikan markaznya, yaitu tempat yang dijadikan pusat perhitungan itu harus diketahui dengan jelas bujurnya berapa? Lalu lintangnya berapa? Ketinggiannya berapa? Di tempat tersebut Maghrib terjadi jam berapa? Pada saat Maghrib, di tempat tersebut deklinasi Matahari atau *Mail*

al-Syams berapa? Deklinasi bulan atau *Mail al-Qamar* berapa? *Equation of time* atau *Daqaiq Ta'dil al-Zaman*-nya berapa? Sudut waktu Matahari berapa? Sudut waktu bulan berapa? Tinggi Bulan berapa? Azimuth Matahari berapa? Azimuth Bulan berapa? Dan Elongasi Bulan berapa?

Pada hisab *hakiki bit-tahqiq* bisa dikerjakan dengan bantuan alat bantu, baik yang sederhana, seperti daftar logaritma maupun yang canggih, seperti *scientific calculator* atau komputer.

Hisab *hakiki kontemporer* adalah sebagaimana sistem hisab *hakiki bit-tahqiq* yang diprogram di komputer yang sudah disesuaikan dengan perkembangan ataupun temuan-temuan baru.

Adapun pada bab ini, kita hanya menyajikan bagaimana proses perhitungan hisab *'urfi Hijriah* dan pasaran.

a. Hisab 'Urfi

Dalam Penanggalan Kamariah, umur bulannya didasarkan kepada peredaran qamar (Bulan) mengelilingi Bumi yang senantiasa berkisar antara 30 hari dan 29 hari. Hal ini karena Bulan berputar mengelilingi Bumi selama 1 Bulan sinodis (ijtima' sampai dengan ijtima') atau rata-rata membutuhkan waktu $29^h\ 12^j\ 44^m\ 3^d$. Dari data ini, maka muncullah salah satu sistem hisab yang biasa disebut dengan nama Hisab *'Urfi*, yaitu salah satu sistem hisab yang sangat sederhana dan senantiasa hanya didasarkan kepada garis-garis besarnya saja.

Sisa per-bulan $44^m\ 3^d$ (dari perhitungan sinodis) pada jangka satu tahun berjumlah $8^j\ 48^m\ 36^d$, setelah dilakukan perhitungan diketahuilah bahwa selama 12 bulan (1 tahun) adalah $354^h\ 8^j\ 48^m$. Jika dicermati lebih lanjut, masa 30 tahun berjumlah $10631^h\ 00^j\ 18^m\ 00^d$ (Hambali, 11: 65). Demikina jika di runtut sebagai berikut;

Tahun	Jumlah	Tahun	Jumlah
1	$00^h\ 08^j\ 48^m$	16	$05^h\ 20^j\ 48^m$
2	$00^h\ 17^j\ 36^m\ K^1$	17	$06^h\ 05^j\ 36^m$
3	$01^h\ 02^j\ 24^m$	18	$06^h\ 14^j\ 24^m\ K^7$
4	$01^h\ 11^j\ 12^m$	19	$06^h\ 23^j\ 12^m$
5	$01^h\ 20^j\ 00^m\ K^2$	20	$07^h\ 08^j\ 00^m$
6	$02^h\ 04^j\ 48^m$	21	$07^h\ 16^j\ 48^m\ K^8$
7	$02^h\ 13^j\ 36^m\ K^3$	22	$08^h\ 01^j\ 36^m$
8	$02^h\ 22^j\ 24^m$	23	$08^h\ 10^j\ 24^m$
9	$03^h\ 07^j\ 12^m$	24	$08^h\ 19^j\ 12^m\ K^9$
10	$03^h\ 06^j\ 00^m\ K^4$	25	$09^h\ 04^j\ 00^m$
11	$04^h\ 00^j\ 48^m$	26	$09^h\ 12^j\ 08^m\ K^{10}$
12	$04^h\ 09^j\ 36^m$	27	$09^h\ 21^j\ 36^m$
13	$04^h\ 18^j\ 24^m\ K^5$	28	$10^h\ 06^j\ 24^m$
14	$05^h\ 03^j\ 12^m$	29	$10^h\ 15^j\ 12^m\ K^{11}$
15	$05^h\ 12^j\ 00^m\ K^6$	30	$11^h\ 00^j\ 00^m$

Pada tahun kabisat 355 hari, itu disebabkan hasil pembulatan waktu yang melebihi $0{,}5^h$ atau 12^j sebagaimana pada tebel di atas. Ini karena jumlah hari selama 30 tahun (10631 hari) tersebut jika dibagi dengan bilangan hari dalam satu tahun yaitu 354 hari (untuk jumlah tahun basithah) maka akan menghasilkan sisa 11 (hari). Dengan demikian terbuktilah bahwa seandainya satu tahun itu lamanya 354 hari, maka untuk masa 30 tahun penanggalan istilahi akan terpaut 11 hari dengan yang sebenarnya. oleh karenanya, sisa 11 hari tersebut dimasukan dalam bilangan tahun sepanjang masa 30 tahun secara berselang.

Walaupun sudah diatur sedemikian, namun jika kita melihat kembali dengan seksama pada umur hari dalam satu daur (30 tahun) $10631^h\ 00^j\ 18^m\ 00^d$, kita akan menemukan sisa waktu yang masih terabaikan yaitu bilangan 18^m (menit).

Dari sisa waktu tersebut bila hitungan tahun telah mencapai 2400 tahun hijriyah (80 daur) maka akan berjumlah 1440 menit atau 24 jam (1 hari). Dengan kenyataan demikian, maka untuk masa 2400 tahun bilangan hari harus ditambah 1 hari atau harus menambah satu tahun kabisat lagi. Sehingga dalam jangka waktu tersebut jumlah tahun kabisat adalah 881 (11 x 80 + 1), adapun sisanya 1519 tahun (2400 – 881) merupakan tahun basithah. (Hambali, 2011: 64)

Sedangkan untuk nama bulan-bulannya, yaitu; Muharam, Shafar, Rabiul Awal, Rabiul Akhir, Jumadil Awal, Jumadil Akhir, Rajab, Sya'ban, Ramadhan, Syawal, Zulqa'dah, dan Zulhijjah.

No	**Bulan**	**Umur**	**Kabisat**	**Bhasitoh**
1	Muharam	30	30	30
2	Shafar	29	59	59
3	Rabiul Awal	30	89	89
4	Rabiul Akhir	29	118	118
5	Jumadil Awal	30	148	148
6	Jumadil Akhir	29	177	177
7	Rajab	30	207	207
8	Sya'ban	29	236	236
9	Ramadhan	30	266	266
10	Syawal	29	295	295
11	Zulqa'dah	30	325	325
12	Zulhijjah	29/30	355	354

Adapun jumlah hari di setiap bulannya, yaitu untuk bulan-bulan ganjil berumur 30 hari, sedangkan bulan-bulan genap berumur 29 hari, kecuali bulan Zulhijjah yang ketika tahun basithah berumur 29 hari dan ketika tahun kabisat berumur 30 hari. Untuk penentuan hari dan pasaran di setiap bulan tersebut, maka kita bisa menggunakan lihat pada tabel dibawah ini:

Bulan	Nilai
Muharam	(1 ,1)
Shafar	(3, 1)
Rabi'ul Awal	(4, 5)
Rabi'ul Akhir	(6, 5)
Jumadil Awal	(7, 4)
Jumadil Akhir	(2, 4)
Rajab	(3, 3)
Sya'ban	(5, 3)
Ramadhan	(6, 2)
Syawal	(1, 2)
Zulqa'dah	(2, 1)
Zulhijjah	(4, 1)

Dalam sistem *Hisab 'Urfi* ini, umur Bulan senantiasa bergantian antara 30 hari dan 29 hari, yakni 30 hari untuk Bulan ganjil dan 29 hari untuk Bulan genap, kecuali untuk bulan Zulhijjah ketika tahun kabisat diberi umur 30 hari.

Satuan masa (*Daurus-sanah*) tahun Hijriah (Kamariah) pada hisab *'urfi* ditetapkan 30 tahun, dimana terdapat 11 tahun yang ditetapkan sebagai tahun Kabisat dan 19 tahun ditetapkan sebagai tahun Basithah. Tahun Kabisat ditetapkan jatuh pada tahun ke 2, 5, 7, 10, 13, 15, 18, 21, 24, 26, dan 29.

Sebagai sarana untuk mempermudahnya, maka kita bisa menggunakan Syair dibawah ini:

كف الخليل كفه ديانه ه عن كل خل حبه فصانه

Syair ini terdiri dari 30 huruf hijayah, yang mana apabila pada huruf tersebut terdapat titiknya, maka menandakan tahun kabisat yang sesuai dengan urutannya.

a. Cara menetukan hari tahun Hijriah

1. Tahun dibagi 210, sisanya dibagi 30, hasilnya disimpan, lalu di kalikan 5, hasilnya di bagi 7, sisanya disimpan.
2. Sisa dari pembagian 30. Terdapat berapa tahun kabisat dan basithah 30 tahun.
3. Untuk tahun kabisat dikalikan 5, hasilya dibagi 7, sisanya disimpan.
4. Untuk tahun Basithah dikalikan 4, hasilya dibagi 7, sisanya disimpan, kemudian semua sisa dijumlah dan ditambah 1, lalu dijumlah, maka jadi hari.
5. Hari dimulai dari hari Ahad

1. Contoh menentukan hari 1 Muharam 1438 H

$210/1438 = 6$

$1260-$

$30/178 = 5\times5 = 25 = 4$

$150-$

$28 = 10\times5^{k} = 50 = 1$

$= 18\times4^{b} = 72 = 2$

Rumus $= 1$

Jumlah $= 8-7 = 1$ (Ahad)

Jadi 1 Muharam Tahun 1438 H Jatuh Pada Hari Ahad

2. Contoh menentukan hari 1 Muharam 1439 H

$210/1439 = 6$

$1260-$

$30/179 = 5\times5 = 25 = 4$

$150-$

$29 = 10\times5^{k} = 50 = 1$

$= 19\times4^{b} = 76 = 6$

Rumus = 1

Jumlah = 12–7 = 5

Jadi 1 Muharam Tahun 1439 H Jatuh Pada Hari Kamis

3. Contoh menentukan hari 1 Muharam 1455 H

210/1455 = 6

1260–

30/195 = 6×5 = 30 = 2

180–

17 = 5×5^{k} = 20 = 4

= 10×4^{b} = 40 = 5

Rumus = 1

Jumlah = 12–7 = 5 (Kamis)

Jadi 1 Muharam Tahun 1455 H Jatuh Pada Hari Kamis

4. Contoh menentukan hari 1 Muharam 1456 H

210/1456= 6

1260–

30/196 = 6×5 = 30 = 2

180–

16 = 6×5^{k} = 30 = 2

= 10×4^{b} = 40 = 5

Rumus = 1

Jumlah = 10–7 = 3 (Selasa)

Jadi 1 Muharam Tahun 1456 H Jatuh Pada Hari Selasa

b. Cara menetukan Pasaran Hijriah

1. Tahun dibagi 150, sisanya dibagi 30, hasilnya disimpan.
2. Sisa dari pembagian 30. Hasil dari dijumlah.

3. Terdapat berapa tahun kabisat dan basithah 30 tahun.
4. Untuk tahun kabisat di kalikan 5, hasilnya dibagi 5, sisanya disimpan.
5. Untuk tahun Basithah dikalikan 4, sisanya dibagi 5, sisanya disimpan.
6. Hasilnya dijumlah dan ditambah hasil dari pembagian 30 dan hasilnya dibagi 5 sisanya + Legi.

1. Contoh menentukan pasaran 1 Muharam 1438 H (Basithah)

150/1438 = 9
1350–
30/88= 2★
60–
28 = 10 × 5 k = 50 = 0
= 18 × 4 b =72 = 2
Hasil ★ = 2
Jumlah = **4 + Legi**

Jadi 1 Muharam Tahun 1438 H Jatuh pasaran Kliwon

2. Contoh menentukan pasaran 1 Muharam 1439 H (Kabisat)

150/1439= 9
1350–
30/89 = 2★
60–
29 = 10 × 5 k = 50 = 0
= 19 × 4 b =76 = 1
Hasil ★ = 2
Jumlah = **3 + Legi**

Jadi 1 Muharam Tahun 1439 H Jatuh pasaran Wage

3. Contoh menentukan pasaran 1 Muharam 1455 H (Kabisat)

150/1455= 9
1350–
30/105 = 3★
90–
15 = 5 × 5^k = 25 = 0
= 10 × 4^b =40 = 0
Hasil ★ = 3
Jumlah = **3 + Legi**

Jadi 1 Muharam Tahun 1455 H Jatuh pasaran Wage

4. Contoh menentukan pasaran 1 Muharam 1456 H (Basithah)

150/1456 = 9
1350–
30/106 = 3★
90–
16 = 6 × 5^k = 30 = 0
= 10 × 4^b =40 = 0
Hasil ★ = 3
Jumlah = 3 + Legi

Jadi 1 Muharam Tahun 1456 H Jatuh pasaran Wage

Contoh tahun 1439 H jatuh pada Hari Kamis Wage

No	Bulan	Jmh	Hari	Jmh	pasaran
1	Muharam	+2	Kamis	0	Wage
2	Shafar	+1	Sabtu	4	Wage
3	Rabiul Awal	+2	Ahad	0	Pon
4	Rabiul Akhir	+1	Selasa	4	Pon
5	Jumadal Ula	+2	Rabu	0	Pahing

6	Jumadal Akhirah	+1	Jum'at	4	Pahing
7	Rajab	+2	Sabtu	0	Legi
8	Sya'ban	+1	Senin	4	Legi
9	Ramadhan	+2	Selasa	0	Kliwon
10	Syawal	+1	Kamis	4	Kliwon
11	Zulqa'dah	+2	Jumat	0	Wage
12	Zulhijjah		Ahad		Wage

Tabel cara menentukan hari dan pasaran:

No	Bulan	Hari	Jmh	Pasaran	Jmh
1	Muharam	2	2	0	0
2	Shafar	1	3	4	4
3	Rabiul Awal	2	5	0	4
4	Rabiul Akhir	1	6	4	8
5	Jumadal Ula	2	8	0	8
6	Jumadal Akhirah	1	9	4	12
7	Rajab	2	11	0	12
8	Sya'ban	1	13	4	16
9	Ramadhan	2	15	0	0
10	Syawal	1	16	4	20
11	Zulqa'dah	½	17/18	0/4	20/24
12	Zulhijjah				

Tahun sisa H/M dan Jumlah hari

Th. H	Jml hari	Th. H	Jml hari	Th.M	Jml. Hr
1	355	16	5670	1	365
2	709	17	6025	2	731
3	1063	18	6379	3	1096
4	1418	19	6733	…	…
5	1772	20	7088	…	…

6	2127	21	7442	…	…
7	2481	22	7796	…	…
8	2835	23	8151	…	…
9	3190	24	8505	…	…
10	3544	25	8860	…	…
11	3898	26	9214	…	…
12	4253	27	9568	…	…
13	4607	28	9923	…	…
14	4962	29	10277	…	…
15	5316	…	**…**	…	…

BAB

8

KONVERSI TAHUN

Konversi tahun juga disebut *Tahwil al-Sanah*. Kata *Tahwil* memiliki arti perpindahan, sedangkan *al-Sanah* berarti tahun. Dengan demikian, yang dimaksud di sini mengenai *Tahwil al-Sanah* ialah perpindahan dari satu sistem tahun tertentu ke sistem tahun lainnya. Misalnya, perpindahan dari sistem tahun Hijriah ke Masehi, ataupun sebaliknya, yakni dari Masehi ke Hijriah.

1. Konversi Tahun Masehi Ke tahun Hijriah

Adapun langkah-langkah yang perlu diperhatikan untuk melakukan konversi dari tahun Masehi ke tahun Hijriah adalah sebagai berikut:

1. Tentukan tahun yang sudah dilewati sampai dengan 31 Desember tahun *tammah* (tahun yang sudah sempurna yaitu tahun yang sudah di lewati). Contoh: Tanggal 23 Juni 2017 M, tahun tammah-nya adalah tahun 2016 M. Dengan

jalan tahun *tammah* dibagi dengan bilangan 4 (siklus Masehi). Hasil pembagian adalah bilangan satuan masa tahun Masehi (DM), kemudian sisanya dikalikan dengan jumlah hari, dan siklus 4 tahun dijadikan hari (1461 hari). Lihat tabel (tahun sisa H/M jumlah hari). DM dikalikan dengan 354 hari (1 tahun hijriah).

2. Untuk menentukan jumlah hari yang sudah dilewati (jumlah hari dari tanggal 1 Januari 2017 M sampai dengan 23 Juni 2017 M). Kemudian dijumlahkan dengan no 1.
3. Apabila tanggal, bulan tahun Masehi itu telah melewati perubahan 3 hari konsili, 10 hari anggaran Gregorius (Paus Gregorius XIII, tanggal 4 Oktober 1582 M) dan 3 hari untuk tahun-tahun abad yang tidak habis dibagi 400 (tahun 1700, 1800, 1900, 2100, dst) maka jumlah koreksi hari sampai sekarang adalah 16 hari. Lalu kurangkan pada jumlah pada no. 2, jumlah hari satuan masa-satuan masa satu tahun hijriah.
4. Jumlah perbedaan tahun Masehi ke-Hijriah untuk mengurangi sisa pada no. 3.
5. Sisa no. 4 dibagi satu 1 satuan masa tahun hijriah (10631 hari). Maka mendapatkan tahun sisa 47 daur, kemudian satuan masa tahun hijriah hasilnya adalah sisa hari untuk mengurangi sisa pada no.4.
6. Kemudian sisa no. 5 dibagi 354 hari maka sisa 27 tahun hijriah, kemudian dari sisa 27 tahun dikalikan jumlah hari pada satu tahun hijriah (354 hari), setelah itu di dikurangi dengan sisa pada no. 5 untuk menentukan jumlah hari.
7. Tentukan jumlah hari sampai akhir bulan yang dilewati, lihat pada tabel bulan hijriah di tabel, lalu untuk mengurangi jumlah no. 6 untuk mendapatkan sisa hari.

8. Sisa dari pengurangan pada no. 7 adalah jumlah hari, lalu dijadikan tanggal, kemudian bulan apa yang sudah dilewati ditambah bulan yang sedang berjalan.
9. Tahun 1 hijriah ditambahkan dengan no. 5 pada daur dikalikan pada siklus 30 tahun, lalu tambahkan padanya sisa tahun hijriah dari no.6 menjadi tahun hijriah yang bertepatan dengan tahun Masehi yang menjadikan titik tolak pada perhitungan ini.

Contoh :

a. Tanggal 23 Juni 2017 M. berapa Hijriah-kah ?

Lakukan konversi dari Masehi ke Hijriah 23 Juni 2017 M. dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Sampai dengan akhir Desember 2016 M.
   2016 ÷ 4 = 504 DM = 504 x 1461 = 736.344^h
   Sisanya = 0 tahun= 0 x 365 (0 = k) = 0^h
2. Akhir Des 2016 M. s/d. 23 Juni 2017M = 174^h +
   Jumlah = **736.518^h**
3. Anggaran Consili & Gregorius (3+10 + 3)= 16^h –
   Jumlah = 736.502^h
4. Perbedaan Masehi - Hijriah = 227.012^h –
   Sisa = 509.490^h ÷10631
5. = 47 (daur) th H (47 X 10631) = 499.657^h –
   Sisa = 9.833^h ÷354
6. Tahun sisa 27 th X 354 +10 = 9.568^h –
   Jumlah = 265^h
7. (Ramadhan 1438 H) akhir Rmd 1438 H = 236^h –
   Sisa = 29^h

8. Sisa 29 adalah 29 Ramadhan.

9. Tahun 1 H + 47 X 30 + 27 = 1438 H

Berarti menurut Hisab Urfi, 23 Juli 2017 M bertepatan dengan tanggal 29 Ramadhan 1438 H. Untuk hari dan pasarannya adalah Jum'at Wage. Antara hisab urfi dengan hisab hakiki kadangkala bersamaan, namun kadangkala mendahului satu hari.

b. Tanggal 17 Agustus 2019 M. berapa Hijriah-kah ?

Lakukan konversi dari Masehi 17 Agustus 2019 M. dengan langkah-langkah sbb :

1. Sampai dengan akhir Desember 2018 M.
   2018 ÷ 4 = 504 DM = 504 x 1461 = 736.344^h
   Sisanya = 2 tahun= 2 x 365 = 2 (b) = 730^h

2. Akhir Des 2018 M. s/d. 17 Agts 2019 M = 229^h +
   Jumlah **= 737.303^h**

3. Anggaran Consili & Gregorius (3+10 + 3) = 16^h –
   Jumlah = 737.287^h

4. Perbedaan Masehi - Hijriah = 227.012^h –
   Sisa =510.275^h ÷10631

5. = 47 (daur) th H (47 X 10631) = 499.657^h –
   Sisa = 10.618^h ÷354

6. Tahun sisa 29 th X 354 +10 (K) = 10.276^h –
   Jumlah = 342^h

7. (Zulqa'dah 1439 H) akhir Zulqh 1439 H = 325^h –
   Sisa = 17^h

8. Sisa 17 adalah 17 Zulhijjah

9. Tahun 1 H + 47 X 30 + 29 = 1440 H

Berarti menurut Hisab Urfi, 17 Agustus 2019 M bertepatan dengan tanggal 17 Zulhijjah 1440 H. Untuk hari dan pasarannya adalah Sabtu Wage. Antara hisab urfi dengan hisab hakiki kadangkala bersamaan, namun kadangkala mendahului satu hari.

2. Konversi Hijriah ke Masehi

Setelah mengetahui cara pengkorversian tanggal Masehi ke Hijriah, sekarang kita akan mempelajari pengkonversian tanggal dari tahun Hijriah ke tahun Masehi. Adapun langkah-langkah yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Hitunglah hari-hari dari tanggal 1 Muharram 1 H. sampai dengan tanggal, bulan tahun H., yang dibuat titik tolak untuk menentukan tanggal tahun Masehi. Caranya: Tanggal 29 Dzulhijjah tahun *tammah* (tahun yang sudah sempurna). Contoh tahun *tammah*, tanggal 29 Ramadhan 1438 H. adalah tahun 1438 H. Kemudian dibagi dengan 30 (*siklus hijriah*), dari hasil pembagian adalah bilangan satuan masa tahun hijriah, kemudian dikalikan dengan jumlah hari (daur hijriah 30 tahun) jadikan bilangan hari (tabel – hari D.H.).
2. Sisa dari pembagian adalah sisa tahun hijriah, kemudian dijadikan bilangan hari dengan cara mengalikan 354 dan ditambahkan dengan tahun kabisat yang dilewati contoh 1438 dibagi 30 = 27 tahun, dan jangka 27 tahun ada 10 tahun kabisat yang dilewati yaitu 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 20, 24, 26 dan ditambahkan untuk untuk mendapatkan jumlah hari.
3. Untuk menentukan jumlah hari, dihitung mulai awal bulan yang sudah dilewati, sampai tanggal yang dikehendaki. Setelah itu dijumlahkan dengan no 1. Lihat tabel diatas nama-nama bulan, dan jumlah hari pada tahun hijriah.

4. Menentukan selisih hari dari tahun hijriah ke Masehi sebelum ditambah 3 hari anggaran consili dan 10 hari (Paus Gregorius XIII, tanggal 4 oktober 1582 M.) dan 3 hari untuk tahun-tahun abad yang tidak habis dibagi 400 (tahun 1700, 1800, 1900, 2100, dst) dan kemudian dijumlahkan dengan jumlah no. 2.
5. Dari jumlah no.3 dibagi dengan jumlah hari selama satu daur Masehi 4 tahun (1461 hari), untuk mendapatkan sisa daur Masehi (D.M), kemudian dikalikan dengan daur Masehi, untuk mengurang jumlah pada no. 3 untuk mendapatkan sisa.
6. Selanjutnya sisa dari no. 4 dibagi dengan jumlah hari selama 1 tahun Masehi (365 hari) untuk mendapatkan sisa tahun Masehi, kemudian dikalikan dengan jumlah hari selama satu tahun Masehi (365).
7. Kemudian dijumlah 1 M ditambah hasil sisa DM pada no. 4 dikalikan dengan siklus Masehi (4 Tahun) ditambah hasil sisa tahun masehi dari no.5.
8. Setelah diperoleh tahun Masehinya, maka tahun Masehi ditambah 3 anggaran Consili perubahan 10 hari (Paus Gregorius XIII, tanggal 4 oktober 1582 M.) dan 3 hari untuk tahun-tahun abad yang tidak habis dibagi 400 (tahun 1700, 1800, 1900, 2100, dst) atau belum.
9. Jumlah dari pengurangan no. 7 adalah jumlah hari, kemudian dibagi dengan jumlah hari selama 1 bulan (30.4 hari) untuk mendapatkan sisa bulan yang sudah dilewati, berjumlah berapa hari atau lihat tabel. Setelah itu di kurangi dengan hasil no.7 untuk mendapatkan sisa, maka dari sisa tersebut menunjukan tanggal yang sudah dilaluai.

10. Maka dari sisa tersebut menunjukan tanggal dan pada no. 8 menunjukan jumlah bulan yang dilewati dan tahun pada no.6

Contoh :

a. Tanggal 29 Ramadhan 1438 H. Tanggal berapa Masehikah ?

Lakukan konversi dari Hijriah ke Masehi 29 Ramadhan 1438 H. dengan langkah-langkah sbb :

1. Sampai dengan akhir Zulhijjah 1437 H.
   1437 ÷ 30 = 47 DH = 47 x 10631 = 499.657^h
   sisanya = 27 tahun = 27 x 354 + 10 (k) = 9.568^h

2. Akhir Zulhijjah 1437 H. s/d. 29 Ramh 1438 H.= 265^h +
   Jumlah = 509.490^h

3. Perbedaan Hijriah – Masehi = 227.012^h +
   Jumlah = 736.502^h ÷ 1461

4. = 504 DM. (504 x 1461) = 736.344^h –
   sisa = 158^h ÷ 365

5. = 0 th M (0 X 365) = 0^h –
   sisa = 158^h

6. Tahun 1 M + 504 x 4 + 0 th = Th. 2017 M.

7. Anggaran Consili dan Gregorius (3+10 + 3) = 16^h +
   Jumlah = 174^h ÷ 30.4

8. = 5 (Mei 2017) akhir Mei 2017 = 151^h –
   Sisa = 23^h

9. Sisa 23 adalah 23 Juni 2017 M.

Berarti menurut Hisab Urfi 29 Ramadhan 1438 H bertepatan dengan tanggal 23 Juni 2017 M. Hari dan pasarannya

adalah Jum'at Wage. Antara hisab urfi dengan hisab hakiki kadangkala bersamaan kadang kala mendahului satu hari.

b. Tanggal 17 Zulhijjah 1440 H. Tanggal berapa Masehi-kah ?

Lakukan konversi dari Hijriah ke Masehi 17 Zulhijjah 1440 H. dengan langkah-langkah sbb :

1. Sampai dengan akhir Zulhijjah 1439 H.
   1439 ÷ 30 = 47 DH = 47 x 10631 = 499.657^h
   sisanya = 29 tahun = 29 x 354 + 10 (k) = 10.276^h

2. Akhir Zulhijjah 1439 H. s/d 17 Zulh 1440 H= 342^h +
   Jumlah = 510.275^h

3. Perbedaan Hijriah – Masehi = 227.012^h +
   Jumlah = 737.287^h ÷ 1461

4. = 504 DM. (504 x 1461) = 736.344^h –
   sisa = 943^h ÷ 365

5. = 2 th M (2 X 365) = 730^h –
   sisa = 213^h

6. Tahun 1 M + 504 x 4 + 2 th = Th. 2019 M.

7. Anggaran Consili dan Gregorius (3+10 + 3) = 16^h +
   Jumlah = 229^h ÷ 30.4

8. = 7 (Juli 2019) akhir Juli 2019 = 212^h –
   Sisa = 17^h

9. Sisa 17 adalah 17 Agustus 2019 M.

Berarti menurut Hisab Urfi 17 Zulhijjah 1440 H bertepatan dengan tanggal 17 Agustus 2019 M. Hari dan pasarannya adalah Sabtu Wage. Antara hisab urfi dengan hisab hakiki kadangkala bersamaan kadang kala mendahului satu hari.

BAB

9

MATAHARI, BUMI DAN BULAN

Alam semesta diciptakan Allah Ta'ala dalam keadaan yang teratur, presisi dan simetris. Keteraturan gerakan bintang termasuk Matahari, Planet, Satelit, Komet, dan benda langit lainnya menyebabkan gerakan benda-benda tersebut dapat dipelajari dengan seksama. Dan dengan memahami gerakan benda–benda langit tersebut, maka manusia dapat memperkirakan peristiwa–peristiwa yang terjadi di masa depan dengan akurat. Kapan Matahari terbenam, terjadi Bulan purnama, gerhana Matahari, dan lain-lain dapat dihitung dengan ketelitian tinggi.

Untuk memudahkan pemahaman terhadap posisi benda-benda langit, maka diperkenalkan beberapa sistem koordinat. Setiap sistem koordinat memiliki koordinat masing-masing. Posisi benda langit seperti Matahari dapat dinyatakan dalam sistem koordinat tertentu. Selanjutnya nilainya dapat diubah ke

dalam sistem koordinat yang lain melalui suatu transformasi koordinat.

A. Bulan, Matahari, dan Bumi

1. Bulan

Bulan adalah satelit Bumi yang merupakan satelit alam terbesar ke-5 di Tata Surya. Begitu halnya Bumi, Bulan tidak mempunyai sumber cahaya sendiri dan cahaya Bulan sebenarnya berasal dari pantulan cahaya Matahari. Bagian Bulan yang terang hanya bagian yang berhadapan dengan Matahari. Bulan lebih kecil dari Bumi, dengan ukuran kira-kira seperlima Bumi. (Fachruddin: 1992, 242)

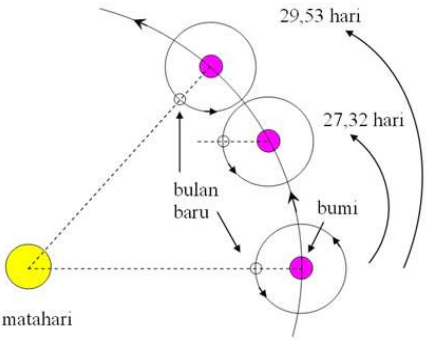
Gambar; 1. Bulan

Diameter Bulan sekitar 3.476 Km, atau kira-kira ¼ dari diameter Bumi. Sedangkan jarak rata-ratanya terhadap Bumi sejauh 384.400 Km. Hasil tersebut didapat dari pengukuran sudut arah menuju Bulan yang diukur dari dua tempat yang terpisah jauh pada sisi yang berhadapan di Bumi pada waktu yang sama. Jarak dari Bumi pada apogee adalah 406.700 Km, sedangkan jarak dari Bumi pada *perigee* sekitar 356.400 km.[101]

101 Slamet Hambali, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*, Banyuwangi: Bismillah Publisher, 2012. hlm, 218.

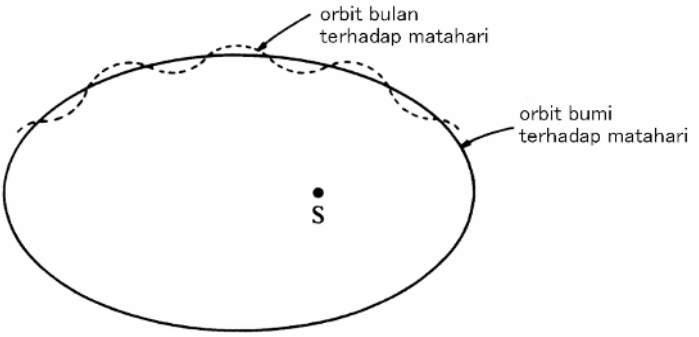
Bulan mempunyai dua gerakan yang penting, yaitu:

1. Rotasi Bulan adalah perputaran Bulan pada porosnya dari arah barat ke timur. Dalam satu kali rotasi, Bulan memerlukan waktu sama dengan satu kali revolusinya mengelilingi Bumi. Oleh karena waktu berotasi dan berevolusi sama, maka permukaan Bulan yang menghadap Bumi relatif tetap. Adanya sedikit perubahan pada permukaan Bulan disebabkan gerak angguk Bulan pada porosnya. Gerak angguk ini sangat kecil sekali.
2. Revolusi Bulan adalah peredaran Bulan mengelilingi Bumi dari arah barat ke timur. Satu kali penuh revolusi Bulan memerlukan waktu rata-rata 27 hari 7 jam 43,2 menit. Waktu peredaran Bulan ini terbagi dua yaitu:
    a. Sideris (*Syahru nujumi*) yaitu waktu yang ditempuh Bulan untuk kembali ke asalnya. Revolusi Bulan ini dijadikan dasar bulan Kamariah, namun waktu yang dipergunakannya bukan waktu sideris melainkan waktu yang sinodis.
    b. Sinodis (*syahru iqtirani*) yaitu waktu yang ditempuh bulan dari posisi sejajar (*iqtiran*) antara Matahari, dan Bumi ke posisi sejajar berikutnya. Waktu *iqtiran* ditempuh rata-rata 29 hari 12 jam 44 menit 2,8 detik sama dengan 29,53058796 hari atau di bulatkan menjadi 29,531 hari.



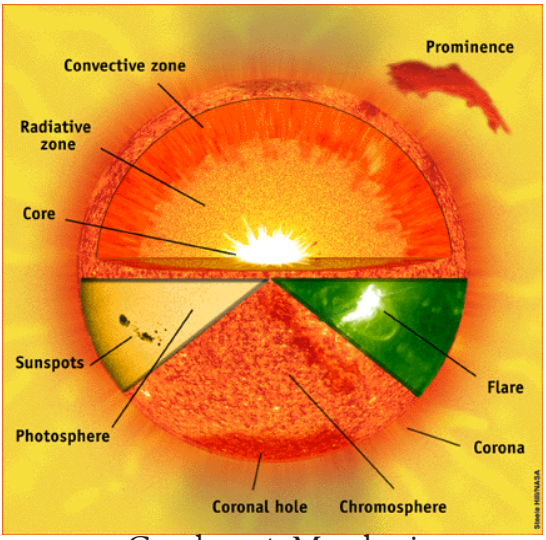
Gambar; 2. Ilustrasi satu Bulan sideris dan satu Bulan sinodik.

Bidang yang dipakai Bulan dalam mengelilingi Bumi disebut *falaqul qamar* yang memotong bidang ekliptika dengan variasi kemiringan sebesar 4°57' sampai 05°20'. Orbit Bulan tidak bundar dan tidak selalu terletak pada bidang yang sama, baik posisi relatif terhadap Bumi maupun Matahari. Sehingga bagian Bulan yang terlihat dari Bumi selalu berbeda. Perubahan dalam orbit bulan terjadi dalam daur-daur.



Gambar; 3. Orbit bulan dan Bumi mengelilingi Matahari S.

2. Matahari



Gambar; 4. Matahari

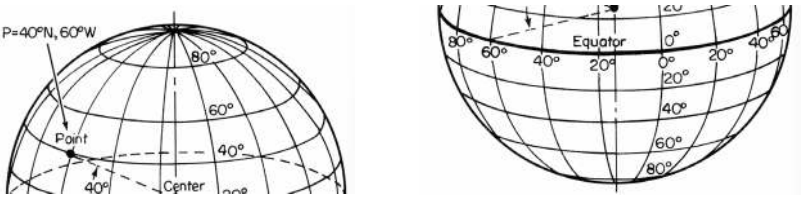
Matahari merupakan bola api yang sangat besar dan mengeluarkan panas serta cahaya yang berwarna biru, putih, kuning, dan orange (antara kuning dan merah). Diameter Matahari kira-kira 1.400.000 Km, atau lebih dari 100 kali diameter Bumi. Bumi dan juga beberapa planet yang ada di dekatnya beredar mengelilingi Matahari.

Matahari merupakan benda langit dalam tata surya yang memancarkan cahaya sendiri. Matahari adalah sebuah bintang. Di antara bintang-bintang lain yang ada di alam semesta. Matahari adalah bintang yang jaraknya paling dekat dengan Bumi. Namun, di antara bermilyar-milyar bintang, Matahari tidaklah terlalu besar. Bahkan dapat dikatakan kerdil. Dalam kehidupan manusia, Matahari memiliki manfaat yang cukup banyak, di antaranya Bumi mendapat cahaya dan sinar Matahari yang sangat diperlukan makhluk yang hidup di Bumi.

Matahari secara langsung atau tidak langsung memberikan energi untuk Bumi ini. Meskipun demikian, ada juga daerah di Bumi yang jarang mendapat sinar Matahari. Selain itu, tidak

hanya Bumi yang dapat merasakan sinar yang dikeluarkan oleh Matahari, benda-benda angkasa lainnya juga dapat merasakannya, tidak terkecuali satelit Bumi yaitu bulan. Bulan akan tampak jelas terlihat di Bumi ketika malam hari, dimana cahaya yang dihasilkan Bulan merupakan pantulan dari sinar Matahari. Akan tetapi, adakalanya sinar Matahari tidak dapat sampai ke Bulan, karena terhalang Bumi. Pada saat itulah Matahari-Bumi-Bulan berada pada satu garis lurus, sehingga bulan tidak dapat memantulkan sinar Matahari ke Bumi. Pada saat ini terjadilah gerhana.

3. Bumi

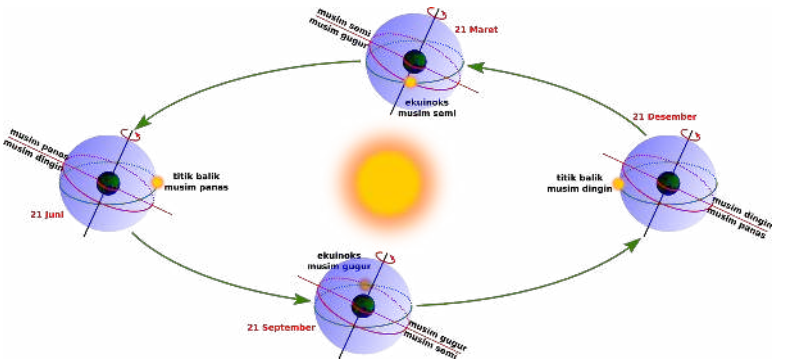


Gambar; 5. Koordinat Bumi dengan lintang dan bujur

Bumi adalah tempat dimana kita tinggal dan merupakan satu-satunya planet dalam tata surya yang berpenghuni. Setelah wahana antariksa yang membawa kamera berhasil diluncurkan cukup jauh dari Bumi, maka dapat diketahui bahwa Bumi terlihat kebiru-biruan. Bumi juga tidak seterang Venus, karena daya pantulnya lebih rendah dan jaraknya dari Matahari lebih jauh dibanding dengan planet lain. Bentuk-bentuk di permukaan Bumi tidak sejelas yang terlihat di Mars, karena lebih tebalnya atmosfer dan adanya awan putih yang cemerlang.

Bumi terdiri dari air dan daratan, dengan porsi kurang lebih 71% lautan. Bumi berputar mengelilingi sumbunya dari barat ke timur atau searah dengan jarum jam yang biasa dikenal dengan rotasi, sehingga Matahari kelihatan terbit dari timur ke barat. Satu kali putaran Bumi membutuhkan waktu

24 jam dalam sehari, sehingga terjadilah siang dan malam. Daerah yang melintasi Matahari menjadi terang (siang) dan yang membelakangi Matahari menjadi gelap (malam). Karena peredaran Bumi ini, di Bumi juga terjadi musim dingin dan musim panas, kecuali di daerah khatulistiwa.



Gambar; 6. Gerak revolusi Bumi

Di samping berputar mengelilingi sumbunya, Bumi juga berputar mengelilingi Matahari (revolusi), dimana dalam satu kali putaran menghabiskan waktu 365 hari, yang disebut satu tahun Syamsiah. Bumi juga memiliki sebuah satelit, yaitu Bulan. Seperti halnya Bumi, Bulan juga mengelilingi Bumi. Satu kali putaran Bulan menghabiskan waktu 354 hari, disebut tahun Kamariah. Pada saat Bumi mengelilingi Matahari dan Bulan mengelilingi Bumi, ada kalanya ketiganya berada dalam satu garis lurus. Jika hal itu terjadi, dan Bumi berada di tengah antara Bulan dan Matahari, maka terjadilah gerhana Bulan.

Bentuk *spheris* permukaan Bumi telah dipostulatkan oleh Pythagoras (500 SM), seorang ahli matematika berkebangsaan Yunani yang kemudian didukung oleh Aristoteles (384-322 SM) seorang ahli filsafat Yunani yang menyatakan bahwa Tuhan menciptakan Bumi dalam bentuk yang sempurna, yaitu bola. Erastosthenes (276-195 SM) seorang ahli astronomi Mesir yang berasal dari Yunani menemukan cara menentukan besar bola Bumi dengan menentukan radius dari model bola Bumi. Dia

mengamati bahwa sekali dalam tiap tahun, Matahari tepat berada di atas sumur Aswan (Syena). Pada saat yang sama, dia mengukur panjang bayang-bayang dari sebuah menara di Alexandria.[102]

Teori yang berpendapat bahwa bentuk Bumi datar masih diterima hingga abad ke-16 M. Pada abad ke-17 M berbagai metode pengukuran mulai dikembangkan dan akhirnya membuktikan bahwa bentuk Bumi yang sebenarnya tidak datar, namun bulat. Pada saat itu, ditemukan pula bahwa diameter polar tidak sama dengan diameter ekuator. Atau dengan kata lain, bentuk Bumi adalah elips (*ellipsoid*). Meskipun demikian, pada saat itu belum berhasil dibuktikan apakah diameter polar lebih besar atau lebih kecil dari diameter ekuator.[103]

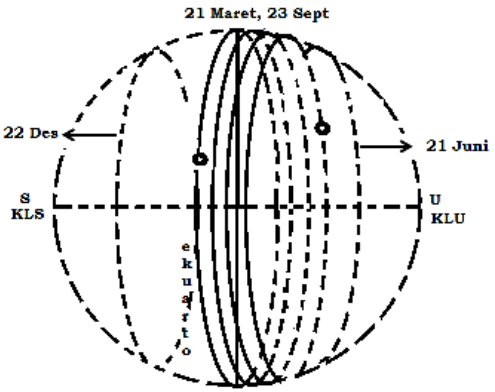
Seorang ilmuwan Perancis bernama Cassini telah melakukan pengukuran dari sumbu Utara ke Selatan dan hasilnya telah membuktikan bahwa terdapat arah polar yang lebih panjang dari arah ekuator. Atau dengan kata lain, diameter polar lebih besar dari diameter ekuator. Newton telah melakukan studi teoritis dan berhasil membuktikan bahwa diameter polar lebih kecil daripada diameter ekuator (*equatorial*).

Pada tahun 1935 M, Akademi Ilmu Pengetahuan Prancis telah menugaskan dua tim peneliti yang melakukan ekspedisi pada dua tempat, yaitu Peru dan Lapland. Kedua Tim ini mempunyai misi untuk melakukan pengukuran panjang busur dari satu derajat sepanjang meridian dan dibandingkan dengan panjang busur dengan derajat yang sama pada daerah dekat ekuator (khatulistiwa). Hasil ekspedisi tersebut membuktikan bahwa jari-jari polar lebih pendek dari jari-jari ekuator.

---

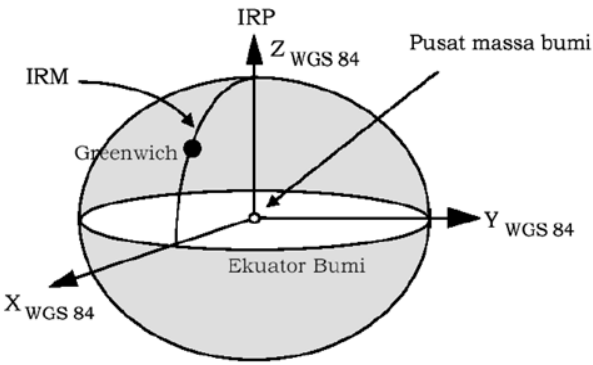
102 Bayong Tjasyono, *Ilmu Kebumian dan Antariksa,* Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, 2009. hlm, 92-93.

103 Joenil Kahar, *Geodesi*, Bandung: ITB, 2008. hlm, 2.



Gambar; 7. Deklinasi

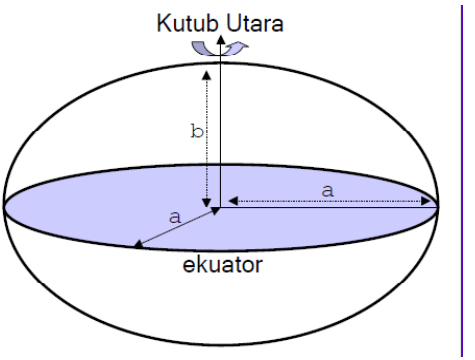
Bumi berbentuk bulat telur atau oval (*ellips*) yang mempunyai garis bujur (meridian). Jika berputar pada sumbunya, maka Bumi akan membentuk *ellipsoid* atau *spheroid*. Bentuk Bulat telur (*ellips*) dapat didefinisikan dengan berbagai cara yang salah satunya yaitu definisi secara geodesi.



Gambar; 8. Sistem koordinat WGS 84

Berkaitan dengan ukuran *ellipsoid* yang digunakan untuk merepresentasikan Bumi sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dari pengamatan Bumi telah dikenal beberapa ellipsoid referensi permukaan Bumi seperti WGS 84, GRS 80, PZ 90, bahwa bidang elipsoid yang dibentuk dengan memutar suatu elips dengan sumbu kecilnya sebagai sumbu putar dari elips itu, dimisalkan sebuah sumbu besarnya a dan

sumbu kecilnya b, dan f adalah penggepengan dari elipsoid.[104] Perhatikan gambar di bawah ini:

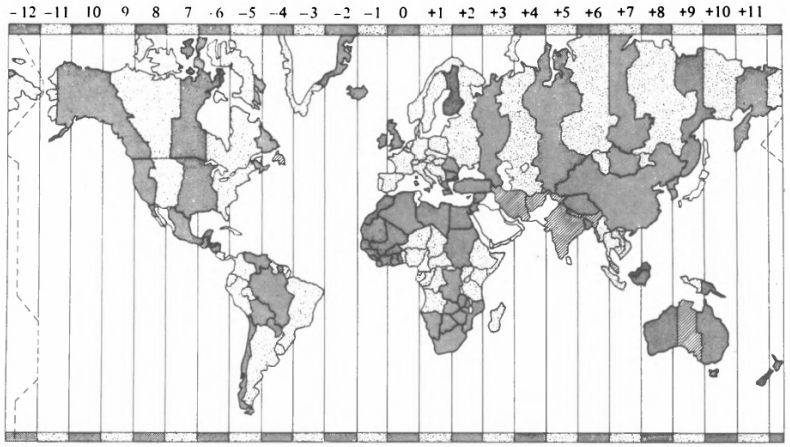


Gambar; 9. Elipsoid

Pada gambar di atas diketahui bahwa Bumi dimodelkan atau didefinisikan berbentuk *elipsoid referensi*. Elipsoid referensi merupakan elipsoid putaran yang dibentuk oleh suatu elips yang berputar pada sumbu pendeknya. Besar dan bentuk elipsoid referensi ditentukan oleh parameter □, yaitu tengah sumbu panjang elipsoid referensi, dan *f* yaitu pegepengan elipsoid yang terdapat pada ujung sumbu pendeknya. Jika panjang tengahnya setengah sumbu pendeknya adalah *b*, maka hubungan *a* dan *b* adalah f = a – b/a atau b = a (1 – f) (Kahar, 2008: 12). Bahwa secara umum untuk elipsoid referensi yang merepresentasikan Bumi di antaranya, WGS 84 *ellipsoid*: a = 6 378 137 m, b = 6 356 752 m, dan f = 1 : 298,257223563.[105]

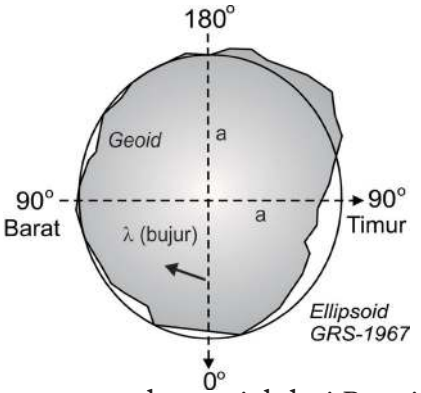
104 Soetomo Wangsotjitro, *Ilmu geodesi Tinggi I*, Yogyakarta: Kanisius, 1981. hlm, 35.

105 NIMA, *Defense Mapping Agency, 1984, Geodesy For The Layman Geodesy For The Layman*, Washington: Building 56 U S Naval Bservatory, 2000.



Gambar; 10. Pembagian waktu di seluruh dunia

Secara umum bentuk Bumi mendekati bola dengan jari-jari sekitar 6378 km. Kalau dilihat secara lebih detail, bentuk Bumi pada prinsipnya agak tidak teratur. Gambar berikut ini menunjukkan penampang bentuk Bumi pada bidang-bidang ekuator dan bidang meridian nol (meridian Greenwich). Sebagaimana gambaran penjelasan penampang ekuatorial dan penampang meridian nol dari Bumi (*geoid*) yang diadaptasi dari Vanicek dan Krakiwsky (1986).



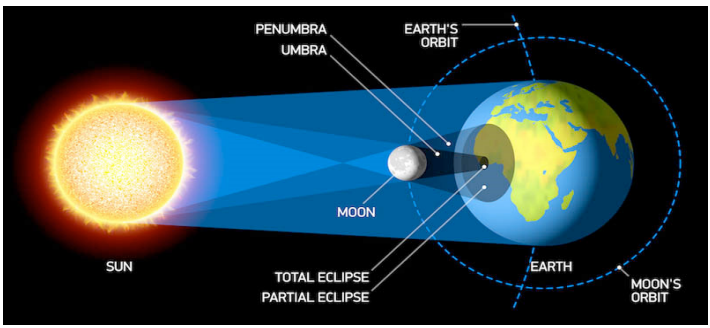
Gambar;11. Penampang ekuatorial dari Bumi (geoid global), diadaptasi dari Vanicek & Krakiwsky (1986).

B. Hubungan dan pengaruh posisi Matahari, Bumi, dan Bulan

Lintasan Bumi ketika mengorbit Matahari akan melalui bidang maya pada bola langit yang dinamakan ekliptika. Nama ini digunakan karena gerhana selalu terjadi ketika bulan berada pada atau di sekitar bidang ini. Sementara bidang ekuator langit yang merupakan perluasan dari ekuator Bumi memotong bidang ekliptika dengan sudut kemiringan 23°27'. (Slamet Hambali: 2012, 204). Akibat posisi dan peredaran Bumi, Matahari, dan Bulan mengakibatkan berbagai fenomena alam di antaranya:

1. Gerhana Matahari dan Bulan

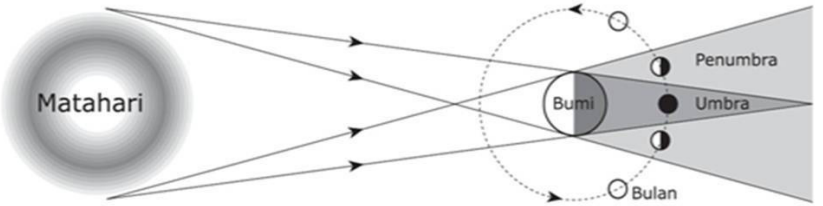
Istilah gerhana Matahari dan gerhana Bulan di dalam bahasa Inggris adalah *eclipse*. Namun, pada penyebutan ini, terdapat dua istilah, yaitu *eclipse of the sun* untuk gerhana Matahari, dan *eclipse of the moon* untuk gerhana Bulan. Selain itu, ada yang menggunakan istilah *solar eclipse* untuk gerhana Matahari, dan *lunar eclipse* untuk gerhana Bulan.



Gambar; 11. Gerhana Matahari

Gerhana Matahari dan gerhana Bulan didalam bahasa arab dikenal dengan istilah *Kusuf* atau *Khusuf*. Istilah *kusuf* dan *khusuf* dapat digunakan untuk menyebutkan gerhana Matahari atau gerhana Bulan. Namun *"kusuf"* lebih dikenal dengan sebutan gerhana Matahari, dan *"khusuf"* untuk gerhana Bulan.[106]

106 ....., *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka, 2005. hlm, 187.



Gambar; 12. Gerhana Bulan

Kata *kusuf* dan *khusuf* ini yang paling mendekati untuk pengertian sebenarnya. Istilah *kusuf* memiliki arti *menutupi,* yaitu menggambarkan fenomena alam bahwa Bulan menutupi Matahari sehingga terjadi gerhana Matahari (dilihat di Bumi). *Khusuf* yang berarti *memasuki,* ini menggambarkan bahwa fenomena alam terjadi ketika Bulan memasuki bayangan Bumi, hingga terjadi gerhana Bulan.

Bulan berotasi selaju revolusinya terhadap Bumi sehingga kita selalu melihat muka yang sama pada Bulan. Tetapi karena posisi Bulan dan Bumi relatif terhadap Matahari, Bulan pun memiliki fase, yaitu perbedaan cahaya Matahari yang diterima Bulan selama revolusinya terhadap Bumi dan Matahari.

Pada Bulan baru (*new Moon*), terjadi ketika Bulan hanya menerima sedikit sinar Matahari, sehingga yang kita lihat di Bumi adalah Bulan sabit. Lalu cahaya itu bertambah banyak seiring dengan berubahnya posisi Bulan dan Bumi relatif terhadap Matahari hingga kita melihat *full Moon*. Cahaya Bulan yang kita lihat sebenarnya adalah cahaya yang diterima Bulan dari Matahari dan dipantulkan ke Bumi.

Pada suatu saat, posisi Bulan, Bumi, dan Matahari akan segaris, sehingga di Bumi terjadi gerhana. Gerhana Matahari terjadi ketika Bulan berada di antara Matahari dan Bumi. Jika cahaya Matahari hanya sedikit terhalang Bulan, maka disebut gerhana Matahari sebagian.[107]

107 ....., *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*. Yogyakarta: Buana Pustaka, 2004.

2. Pasang Surut Air Laut

Gravitasi Bumi menyebabkan Bulan beredar pada orbitnya seperti gravitasi Matahari menjaga Bumi bergerak tetap pada orbinya. Gravitasi Bulan dan Matahari menyebabkan pasang di Bumi. Air yang tepat di bawah Bulan menjadi lebih dekat ke Bulan daripada ke pusat Bumi. Oleh karena itu, gravitasi Bulan lebih kuat menarik air daripada Bumi, sehingga air "berkumpul" di bawah Bulan. Akan tetapi, di belahan Bumi yang lain, dimana pusat Bumi lebih dekat ke Bulan daripada ke air, maka Bumi ditarik lebih kuat daripada air, sehingga air juga berkumpul, dan terjadi pasang di kedua belahan Bumi yang berlawanan. Hanya saja, hal itu tidak pada sisi lain Bumi yang mengalami surut, karena air tertarik oleh gravitasi Bulan.

Pasang disebabkan oleh gravitasi Matahari walaupun tidak sekuat Bulan, karena jaraknya yang lebih jauh dari bulan. Pasang terjadi pada saat Bulan purnama dan Bulan baru, yakni ketika Matahari segaris dengan Bulan dan Bumi. Pada saat itu Matahari dan Bulan menimbulkan pasang yang sangat tinggi dan surut yang juga sangat rendah di Bumi. Pasang ini terjadi dua kali sebulan disebut pasang purnama (Spring Tide). Pada perempat bulan terakhir, Matahari, Bumi, dan Bulan pada posisi tegak lurus. Pasang Matahari diperlemah oleh pasang Bulan sehingga perubahan pasang tidak begitu terasa. Hal ini biasa disebut pasang perbani (Neap Tide).

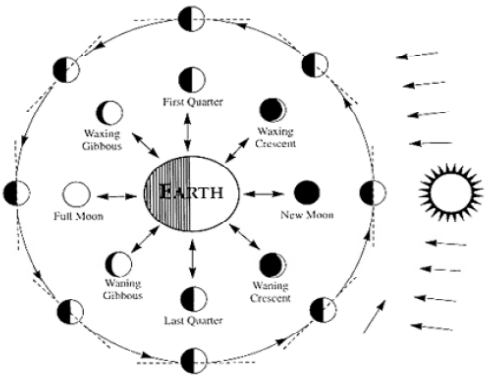
Gerak revolusi Bulan mengelilingi Bumi menyebabkan posisi pasang surut berubah setiap waktu. Terdapat perbedaan waktu antara hari Matahari (*solar day*) dan hari Bulan (*luinar day*). Satu hari Matahari adalah 24 jam, 0 menit dan 0 detik. Satu hari Bulan adalah 24 jam dan 50,47 menit. Perbedaan waktu tersebut menyebabkan waktu pasang tertinggi dan waktu surut terendah setiap hari bergeser 50,47 menit. Pergeseran ini dikenal sebagai variasi pasang surut harian. Sementara itu,

hlm, 185-186.

deklinasi Bulan menyebabkan posisi puncak pasang surut tidak terjadi pada posisi lintang yang sama. Deklinasi Bulan berubah setiap setiap hari. Oleh karena itu, posisi puncak pasang surut pun juga berubah setiap hari.

3. Fase Bulan

Pada dasarnya gambaran fase-fase bulan terjadi akibat perubahan sudut dari garis yang menghubungkan Matahari-Bumi-Bulan sewaktu Bulan mengorbit (mengelilingi) Bumi. Karena adanya revolusi bulan mengelilingi Bumi, maka hal itu menyebabkan efek seolah-olah bentuk Bulan berubah-ubah. Bentuk-bentuk tersebut berubah secara periodik dalam waktu 30 hari. Otomatis waktu terbit dan tenggelamnya berubah secara periodik juga. Hal tersebut mengakibatkan wajah atau rupa Bulan berbeda-beda apabila dilihat dari Bumi.



Gambar; 13. Fase Bulan pada setiap Bulan

a. Bulan baru (*new Moon*) **=> ketika bujur Bulan = bujur ekliptika Matahari.**

Pada posisi ini, Bulan berada pada arah yang sama terhadap Matahari. Dengan kata lain, Bulan berada langsung dalam satu garis antara Matahari dan Bumi. Tepatnya pada bidang bujur ekliptika yang sama. Bagian Bulan yang terkena sinar Matahari

adalah yang membelakangi Bumi, sedangkan bagian bulan yang menghadap ke Bumi adalah bagian permukaan Bulan yang gelap. Bulan terbit di sebelah timur hampir bersamaan dengan terbitnya Matahari, berada tepat di tengah langit sekitar tengah hari, dan tenggelam juga hampir bersamaan dengan tenggelamnya Matahari di sebelah barat. Fase ini biasa disebut dengan *new Moon* (Bulan baru).

Selama terbit hingga hampir tenggelam, cahaya Bulan baru ini sangat sulit dilihat, karena intensitas cahayanya kalah jauh dengan sinar Matahari. Baru ketika menjelang Matahari tenggelam dan intensitas cahaya Matahari mulai melemah, maka pada ketinggian yang mungkin dapat dilihat, Bulan sabit ini dapat terlihat oleh mata. Dengan adanya Bumi yang berputar pada porosnya, sedangkan sudut kecepatan sudut rotasi Bumi jauh lebih besar daripada kecepatan sudut gerakan revolusi Bulan, maka setelah Matahari tenggelam dan Bulan terlihat beberapa saat kemudian Bulan pun hilang dari penglihatan. Inilah persyaratan yang harus dipenuhi oleh syahnya hilal yang menandai awal bulan Kamariah.[108]

b. Kuartal Pertama (*first quarter*) **=> ketika bujur Bulan = bujur ekliptika Matahari + 90 derajat**

Bulan bergerak lebih jauh dari hari ke hari dan posisinya semakin tinggi di atas horison. Sedangkan bagian yang terkena sinar Matahari bertambah besar hingga mencapai separuh. Hal ini terjadi sekitar minggu pertama. Bulan telah menjalani seperempat putarannya sehingga dinamakan *Kuartal Pertama*.

Pada fase ini, Bulan 6 jam lebih lambat daripada Matahari. Terbitnya di sebelah timur sekitar tengah hari. Ia berada di tengah langit ketika Matahari tenggelam, dan tenggelam di

108 ....., *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada, 2012. hlm, 113.

barat sekitar tengah malam.[109] Bulan purnama (*full Moon*) => bujur Bulan = bujur ekliptika Matahari + 180 derajat

Terjadi sekitar dua minggu sejak Bulan baru, yaitu ketika Bulan melakukan separuh perjalanannya mengelilingi Bumi. Bagian Bulan yang terkena sinar Matahari tepat menghadap Bumi.

Bulan terlambat sekitar 12 jam daripada Matahari. Berarti Bulan akan terbit bersamaan dengan saat Matahari terbenam. Namun jika Bumi, Bulan, dan Matahari berada pada garis yang sama, maka akan terjadi gerhana karena bayang-bayang Bumi menutupi permukaan Bulan.

c. Kuartal terakhir (*last quarter*) **=> ketika bujur Bulan = bujur ekliptika Matahari + 270 derajat**

Fase ini disebut kuartal terakhir. Bentuk Bulan hampir sama dengan kuartal pertama, namun pada fase ini Bulan telah menyelesaikan ¾ putarannya.

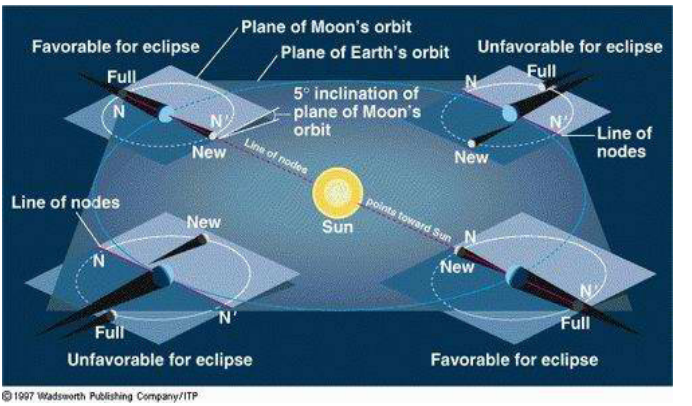
C. Posisi Astronomis Matahari dan Bulan Pada Saat Full Moon

Seperti telah dijelaskan di atas bahwa bidang lintasan Bulan mengelilingi Matahari dan bidang lintasan Bumi mengelilingi Matahari (bidang ekliptika) ini tidak tepat berada dalam satu bidang, namun agak *miring* dengan variasi kemiringan antara 40 57' sampai 5 20'. Dan akibat kemiringan ini terdapat dua titik potong antara lintasan Bulan mengelilingi Bumi dengan bidangan ekliptika. Titik potong (simpul) ini dalam astronomi dikenal dengan *Ascending Node (Uqdah Jauzahar) dan Descending Node (Uqdah Naubahar).*

Gambar di bawah ini menunjukkan lintasan Bulan mengelilingi Bumi dan lintasan Bumi mengelilingi Matahari.

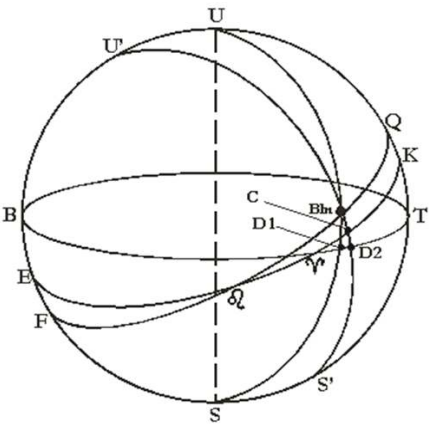
109 Tono Saksono, *Mengkompromikan Rukyat & Hisab*, Jakarta: Amythas Publicita, 2007. hlm, 36.

Titik simpul dinyatakan dengan *N* dan *N'*, sedangkan garis simpul adalah garis *NN'*. Fase Bulan purnama (*full Moon*) terjadi pada waktu kedudukan Bulan berada dalam arah yang sama dengan Matahari dilihat dari Bumi, dan gerhana Matahari/Bulan akan terjadi apabila fase Bulan baru terjadi pada titik simpul **N'**.



Gambar; 14. Orbit Bulan

Gerhana Matahari akan terjadi pada saat *new Moon* (Bulan baru) dan kira-kira bertepatan dengan sebuah titik simpul. Pada saat itu, Bulan dan Matahari berada di dekat arah titik simpul yang sama. Posisi ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar; 15. Gambaran posisi Bulan di bola langit

Keterangan:

US = Lingkaran Waktu atau Lingkaran deklinasi atau دائرة الميول [110]

B♈T = Equator

U' = Kutub Ekliptika Utara

S' = Kutub Ekliptika Selatan

Bln = Bulan

U'-Bln-S' = Bujur Astronomi

E♈K = Ekliptika

F♌BlnQ = Orbit Bulan

♈ = Titik Aries atau حمل [111]

Bln-D1 = Deklinasi Bulan 1[112]

Bln-D2 = Deklinasi Bulan 2[113]

Bln-C = Lintang Astronomi Bulan = *Apparent Latitude Bulan* = عرض القمر [114]

♈C = Bujur Astronomi Bulan = *Longitude of Moon/ Apparent Longitude Bulan = Takwimul Qamar* atau *Muqawwamul Qamar* = طول القمر [115]

---

110 Lingkaran waktu atau lingkaran deklinasi adalah lingkaran pada bola langit yang menghubungkan kedua titik kutub.

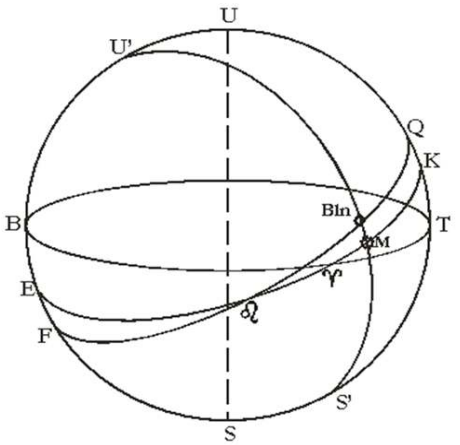
111 Aries atau *Haml* adalah nama salah satu rasi bintang yang ada di sabuk zodiak. Titik aries disebut juga titik musim semi atau *Vernal equinox*.

112Deklinasi Pertama Bulan atau Mail Awal Bulan adalah jarak sepanjang lingkaran waktu dihitung dari equator sampai Bulan.

113 Deklinasi Kedua Bulan atau Mail Sani Bulan adalah jarak sepanjang bujur astronomi dihitung dari equator sampai Bulan.

114 Lintang Astronomi Bulan atau *Ardlul Qamar* adalah busur sepanjang lingkaran kutub ekliptika dihitung dari titik pusat Bulan hingga lingkaran ekliptika. Harga lintang Bulan antara 0° s/d 5° 8'. Jika Bulan berada di utara ekliptika maka lintang Bulan bertanda positif (+) dan jika Bulan berada di selatan ekliptika maka lintang Bulan bertanda negatif (-).

115 Bujur Astronomi Bulan atau *Thulul Qamar* adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik Aries sampai bujur astronomi yang melewati Bulan.



Gambar; 16. Gambaran terjadinya ijtima' tidak terjadi gerhana Matahari

Keterangan:

US = Lingkaran Waktu

B♈T = Equator

U' = Kutub Ekliptika Utara

S' = Kutub Ekliptika Selatan

M = Matahari

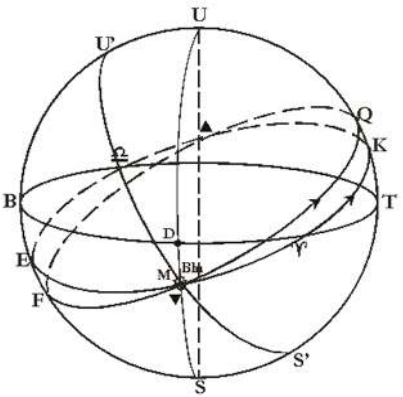
Bln = Bulan

U'BlnMS' = Bujur Astronomi

E♈MK = Ekliptika

F♌BlnQ = Orbit Bulan

♈ = Titik Aries



Gambar; 17. Gambaran terjadinya gerhana Matahari

Keterangan:

BUTS = Lingkaran Waktu

♈ = Titik Aries

♎ = Titik Libra = Titik musim dingin = *Autumnal Equinox* = **ميزان** [116]

▼ = Simpul Turun = Descending Node = **العقدة النازلة** [117]

▲ = Simpul Naik = Ascending Node = **العقدة الصاعدة** [118]

B♈T♎ = Khatulistiwa Langit = Equator Langit = **معدل النهار**[119]

EK = Ekliptika = Lingkaran Zodiak = **منطقة البروج** [120]

---

116 Libra atau *Mizan* adalah nama salah satu rasi bintang yang ada di sabuk zodiak. Ia berada di belahan langit selatan pada Bulan Mei sampai Agustus. Pada rasi ini terdapat 6 buah bintang, di antaranya *Zubenelganub*.

117*Uqdah Naubahar* atau *Uqdah Nazilah* (titik simpul turun) adalah perpotongan lintasan Bulan dengan ekliptika dalam lintasannya dari utara ke selatan.

118 *Uqdah Jauzahar* atau *Uqdah Sha'idah* (titik simpul naik) adalah perpotongan lintasan Bulan dengan ekliptika dalam lintasannya dari selatan ke utara.

119Khatulistiwa Langit atau *Mu'addalin Nahar* adalah lingkaran besar yang membagi bola langit menjadi dua bagian sama besar, yakni bola langit bagian utara dan bola langit bagian selatan. Lingkaran ini tegak lurus pada lingkaran terang pada poros langit. Pada saat Matahari tepat di lingkaran ini lama siang dan malam untuk seluruh tempat di permukaan Bumi adalah sama.

120 Ekliptika atau *Da'iratul Buruj* adalah lingkaran di bola langit yang memotong lingkaran equator langit dengan membentuk sudut sekitar 23° 27'. Titik perpotongan pertama terjadi pada saat Matahari bergerak dari langit bagian selatan ke langit bagian utara yaitu pada

FQ = Falak Qomar = Orbit Bulan = **فلك القمر** [121]

U'S' = Kutub Ekliptika = **قطب دائرة البروج = قطب منطقة البروج**

M = Matahari (*Sun*) = **الشمس**

Bln = Bulan (*Moon*) = **القمر**

♈M = Bujur Astronomi Matahari= *Longitude of Sun* = *Takwimus Syams* atau *Muqawwamus Syams* = طول الشمس [122]

♈Bln = Bujur Astronomi Bulan = *Longitude of Moon*

= *Takwimul Qamar* atau *Muqawwamul Qamar* = **طول القمر** [123]

M-D = Deklinasi Matahari =**ميل الشمس** [124]

♈-D = Asensio Rekta = **المطالع البلادية = الصعود المستقيم** [125]

U'-M-Bln-S' = Bujur Astronomis

TK=BE = Maksimum Deklinasi Matahari = *Obliquity* = **الميل = الميل الأعظم الكلي** [126]

EF = KQ = Maksimum 'Ard Bulan = 5° 8' = **عرض القمر الكلي**

---

titik Aries (tanggal 21 Maret) yang disebut *Vernal Equinox*, dan perpotongan kedua terjadi pada saat Matahari bergerak dari bagian langit utara ke bagian langit selatan pada titik Libra (tanggal 24 September) yang disebut *Autumnal Equinox*.

121 Falak Qomar atau Orbit Bulan merupakan lintasan Bulan. Garis lengkung yang dilalui oleh Bulan dalam lingkaran hariannya.

122 Bujur Astronomi Matahari atau *Thulus Syams* adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah Timur diukur dari titik Aries sampai Matahari. Jika harga bujur astronomi Matahari sama dengan harga bujur astronomi Bulan, maka terjadi *ijtima'* atau konjungsi. Jika harga bujur astronomi Matahari berselisih 180° dengan harga bujur astronomi Bulan, maka terjadi *istiqbal* atau oposisi. Dalam bahasa Inggris disebut *Ecliptic Longitude*.

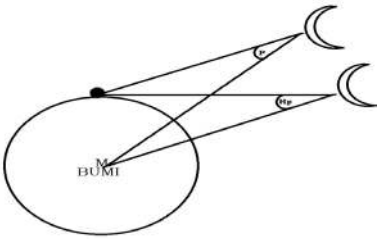
123 Bujur Astronomi Bulan atau *Thulul Qamar* adalah busur sepanjang lingkaran ekliptika ke arah timur diukur dari titik Aries sampai bujur astronomi yang melewati Bulan. Dalam bahasa Inggris disebut *Apparent Longitude*.

124 Deklinasi Matahari atau *Mailus Syams* adalah jarak sepanjang lingkaran deklinasi dihitung dari equator sampai Matahari.

125 Asensio Rekta atau *Mathali'ul Baladiyah* atau *Su'udul Mustaqim* adalah busur sepanjang lingkaran equator yang dihitung mulai titik Aries (*haml*) ke arah Timur sampai ke titik perpotongan antara lingkaran equator dengan lingkaran deklinasi yang melalui benda langit itu.

126 Maksimum Deklinasi Matahari atau *Mail Kulli* atau *Mail A'dham* adalah kemiringan ekliptika dari equator.

➔ Arah ke Timur = Retrogade/Progradatle = التوالي



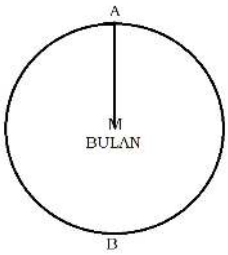
Gambar; 18. Parallak / beda lihat

● = Peninjau

M = titik pusat Bumi

HP = harizontal Parallax

P = beda lihat = parallaz (اختلاف المنظر)



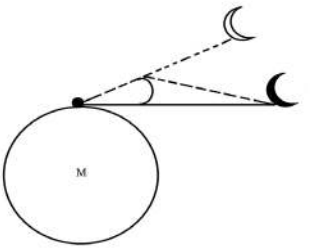
Gambar; 19. Semidiameter

A = titik teratas pada piringan atas, *upper limb*

M = titik pusat Bumi

B = titik bawah pada piringan bawah lower limb

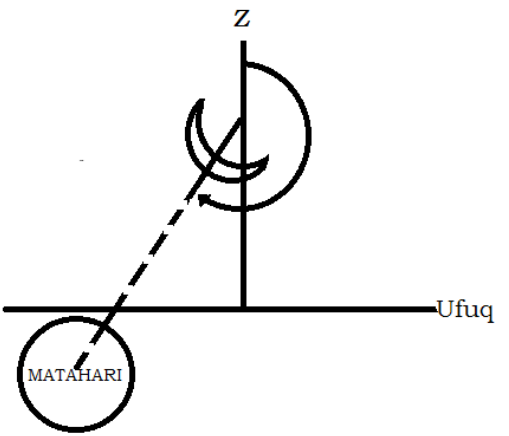
AM = jari-jari = semidiamater Bulan, rata-rata 0° 16'



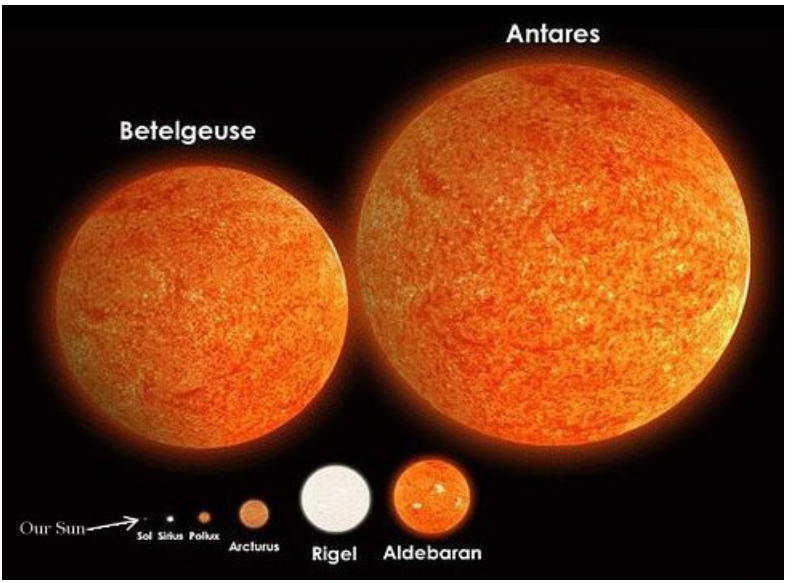
Gambar; 20. Refraksi atau pembiasan sinar

Keterangan:

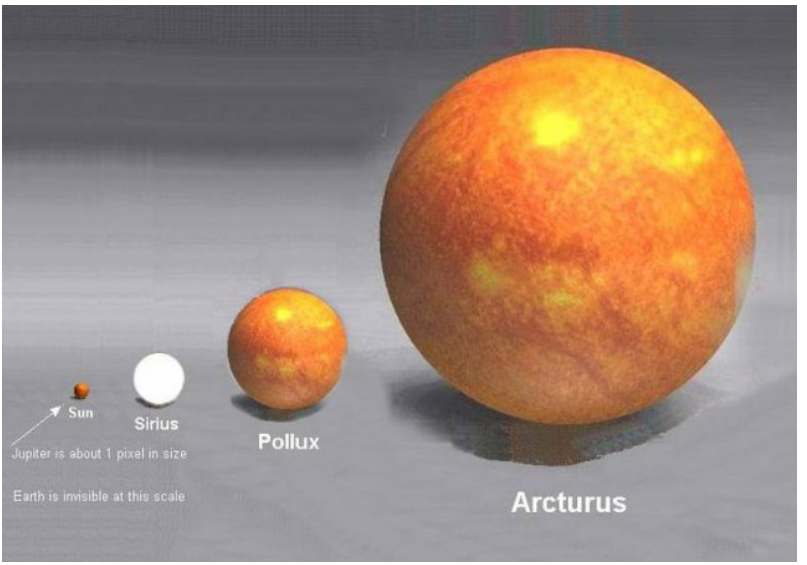
- = Peninjau
- = Hilal sebenarnya
- = Posisi Hilal lihat
- = Refraksi atau pembiasan sinar.



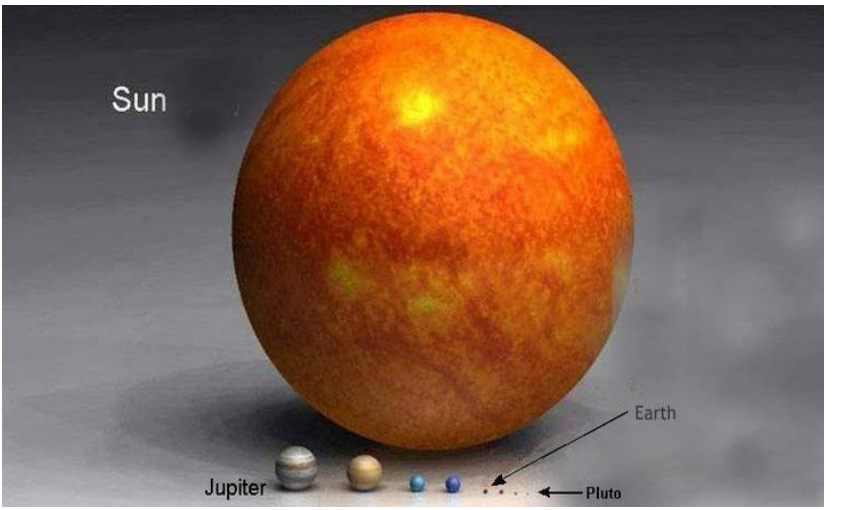
Gambar; 21. Posisi Hilal



Gambar; 22. Matahari dibandingkan dengan bintang Antares



Gambar; 23. Matahari dibandingkan dengan bintang Arcturus



Gambar; 24. Matahari dibandingkan dengan Bumi

BAB
10

HISAB AWAL BULAN KAMARIAH

Sebenarnya di dalam perhitungan sistem ephemeris telah tersedia data Matahari dan Bulan sebagai acuan dalam melakukan kegiatan hisab dan rukyat. Hanya saja, dalam data ini, ada beberapa istilah yang harus di ketahui maksud dan tujuannya. Oleh karena itu, untuk lebih jelasnya perhatikan penjelasan sebagai berikut:

A. Data Matahari

1. Ecliptic Longitude

   Ecliptic Longitude adalah bujur astronomi. Data ini dikenal dengan istilah (تقويم / الطول), *Thul* atau *Taqwim* yaitu jarak Matahari dari titik Aries (*Vernal Equinox* / الحمل), diukur dari sepanjang lingkaran ekliptika. Jika nilai bujur astronomi Matahari sama dengan nilai bujur astronomi bulan, maka akan terjadi ijtima'. Data ini dipergunakan antara lain dalam ijtima' dan gerhana.

2. Ecliptic Latitude

Ecliptic Latitude adalah lintang astronomi. Data ini adalah jarak titik pusat Matahari dari lingkaran ekliptika. Sebenarnya ekliptika itu sendiri adalah lingkaran yang ditempuh oleh gerak semu Matahari secara tahunan, sehingga selalu berada pada garis ekliptika. Hanya saja, karena jalannya yang tidak rata persis, maka ada sedikit geseran. Keadaan seperti ini dapat kita lihat dari nilai *Ecliptic Longitude* yang selalu mendekat di 0. Akan tetapi, banyak sistem perhitungan yang mengabaikan nilai data ini, sehingga sebenarnya istilah *Ardlusy Syam* identik dengan *Ecliptic Latitude.* Data ini diperlukan antara lain untuk menghitung gerhana.

3. Apparent Right Ascension

Apparent Right Ascension dikenal dalam bahasa Indonesia dengan sebutan Asiensio Rekta. Data ini juga dikenal dengan nama panjatan tegak atau (الصعود المستقيم / المطالع البلا دية), *As Shu'udul Mustaqim* atau *Mathali'ul Baladiah*, yaitu jarak antara satu benda langit dengan titik Aries (*Vernal Equinox* / الحمل), diukur sepanjang garis equator (*Da'irotul Muaddalin Nahar*). Data ini digunakan dalam perhitungan ijtima', serta ketinggian Hilal dan gerhana.

4. Apperent Declination

Apparent Declination, atau disingkat *Apperent Dee* di kenal dalam bahasa Indonesia sebagai deklinasi Matahari yang dilihat (bukan Matahari hakiki) atau lebih dikenal sebagai deklinasi. Ia juga dikenal dengan sebutan (ميل الشمس), *Mail Syam*, yaitu jarak Matahari dengan equator, dimana nilai deklinasi positif berarti Matahari berada di sebelah utara equator. Data ini digunakan dalam menetukan waktu salat, rasdul kiblat, ketinggian Hilal, ijtima', gerhana, dan sebaginya.

5. True Geosentric Distace

True Geosentric Distace yang dalam bahasa Indonesia dikenal dengan istilah jarak geosentris. Data ini menggambarkan jarak antara Bumi dan Matahari. Adapun nilai pada data ini merupakan jarak rata-rata Bumi dan Matahari, sekitar 150 juta km, sehingga Bumi mengelilingi Matahari tidak tepat pada setiap saat, kadang dekat kadang jauh. Jarak dekat adalah saat Bumi menempati titik api terdekat, yaitu *Perigee*. (حضيض, *hadlidl*) Sedangkan jarak terjauhnya adalah pada saat bumi menempati titik terjauh, yaitu *Apogee*, (الأوج), *Auj*. Data ini penting untuk menghitung gerhana.

6. Semi Diameter atau jari-jari Matahari

Semi Diameter dikenal dalam bahasa Indonesia dengan jari-jari. Data ini juga dikenal dengan istilah (نصف القطر), *Nisfu Quthr,* yaitu jarak titik Matahari dengan piringan luarnya. Data ini diperlukan untuk menghitung secara tepat pada saat Matahari terbenam, Matahari terbit, dan sebaginya.

7. True obliquity

True obliquity dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai kemiringan ekliptika. Data ini dikenal dengan istilah (الميل الكلي), *Mail Kul* yaitu kemiringan ekliptika dari equator. Data ini digunakan untuk menghitung ijtima' dan gerhana.

8. Equation of Time

Equation of Time dalam bahasa Indonesia dikenal dengan nama perata waktu. Data ini juga dikenal dengan istilah (تعديل الو قت / تعديل الشمس), *Ta'dil Waqtu* atau *Ta'dil Syam* yaitu selisih antara waktu kulminasi Matahari hakiki dengan waktu kulminasi Matahari rata-rata. Data ini biasanya

dinyatakan dengan huruf "e" kecil dan diperlukan dalam menghisab waktu salat.

B. Data Bulan

1. Apparent Longitude.

   Apparent Longitude dalam bahasa Indonesia di kenal dengan istilah bujur astronomi Bulan yang terlihat, atau lebih di kenal dengan bujur astronomi atau dengan istilah (تقويم / طول القمر), *Taqwim Qomar* atau *Thul Qamar,* yaitu jarak bulan dari titik Aries (*Vernal Equinok* / الحمل *Haml)* di ukur sepanjang lingkaran ekliptika (*dairotul bujur*), dimana apabila nilai bujur astronomi Matahari sama dengan nilai bujur bulan, maka terjadi ijtima'. Data ini juga dipergunakan antara lain dalam ijtima' dan gerhana.

2. *Apparent latitude.*

   Apparent Latitude dalam bahasa Indonesia dikenal dengan nama lintang astronomi Bulan yang terlihat atau istilah (عرض القمر), *Ardh al Qamar*, yaitu jarak antara Bulan dengan lingkaran ekliptika diukur sepanjang lingkaran kutub ekliptika. Nilai maksimum dari lintang astronomi bulan adalah 5° 8', dimana nilai positif berarti bulan berada di utara ekliptika, dan nilai negatif berarti bulan berada di sebelah selatan ekliptika. Sedangkan jika pada saat ijtima' nilai lintang astronomi Bulan sama atau hampir sama dengan nilai lingkaran astronomis Matahari, maka akan terjadi gerhana Matahari. Data ini diperlukan dalam menghisab ijtima' dan gerhana.

3. *Apparent Right Ascension.*

   Apparent Rigt Ascension yang dalam bahasa Indonesia dikenal dengan Asensio Rekta dari Bulan yang terlihat. Data ini juga dikenal dengan panjatan tegak atau (الصعود

المطالع البلا دية / المستقيم), *As Shu'udul Mustaqim* atau *Matholiul Baladiyah,* yaitu jarak antara titik pusat Bulan dari titik Aries dihitung sepanjang garis equator (*Dairatul Muaddal Linnahar)*. Data ini juga dipergunakan dalam menghitung ijtima', ketinggian Hilal, dan gerhana.

4. Apparent Declination.

   Apparent Declination yang dalam bahasa Indonesia dikenal dengan nama deklinasi bulan yang dikenal dengan deklinasi atau dalam bahasa Arabnya dikenal dengan istilah (ميل القمر), *Mail Qamar*, yaitu jarak bulan dari equator, dimana apabila nilai deklinasi adalah positif, maka bulan berada di sebelah utara equator, sedangkan apabila deklinasi bernilai negatif, maka bulan berada di sebelah selatan equator. Data ini diperlukan dalam menghitung ketinggian hial, ijtima', dan gerhana.

5. Horizontal Parallax

   Parallax dalam bahasa Indonesia benda lihat atau di sebut juga dengan istilah (إختلاف المنظر), *Ikhtilaful Mandhar*. Sedangkan *horizontal parallax* yaitu besaran sudut yang ditarik dari titik pusat Bulan ketika di ufuk (horizon) ke titik pusat bumi, dan garis yang ditarik dari dari titik pusat bulan ketika itu ke permukaan Bumi.

6. Semi Diameter

   Semi Diameter dikenal dalam bahasa Indonesia dengan jari-jari atau (نصف القطر), *Nisfu Quthril Qomar,* yaitu jarak titik pusat Bulan dengan piringan luarnya. Nilai semi diameter Bulan adalah 15 derajat, karena piringan bulatan Bulan penuh adalah 3^{o} (1/2 derajat). Data ini diperlukan untuk melakukan perhitungan ketinggian piringan atas Hilal sebab semua data Bulan adalah data titik pusatnya.

7. Angle Bright Limb

Angle Bright Limb yang dikenal dalam istilah bahasa Indonesia sebagai sudut kemiringan Hilal adalah sudut kemiringan piringan Hilal yang memancarkan sinar sebagai akibat arah posisi Hilal dari Matahari. Sudut ini diukur dari garis yang menghubungkan titik pusat Hilal dengan titik zenit (سمت الرأس), *simtur ra'si* ke garis yang menghubungkan titik pusat Hilal dengan titik pusat Matahari dengan arah sesuai dengan perputaran jarum jam.

8. Fraction Illumination

Fraction Illumination adalah besarnya piringan Bulan yang menerima sinar Matahari dan menghadap ke Bumi. Jika seluruh piringan Bulan yang menerima sinar Matahari terlihat dari Bumi, maka bentuknya akan berupa bulatan penuh. Dalam keadaan seperti ini, nilai *Fraction Illumination* adalah satu, yaitu persis pada saatnya Bulan purnama. Sedangkan jika Bumi, Bulan, dan MATAHARI sedang persis berada pada satu garis lurus, maka akan terjadi gerhana Matahari total. Dalam keadaan seperti ini, nilai *Fraction Illuumination* Bulan adalah nol. Setelah Bulan purnama, nilai *Fraction Illumination* akan semakin mengecil sampai pada nilai yang paling kecil, yaitu pada saat ijtima' dan setelah itu nilai fraction Illumination ini akan kembali membesar sampai mencapai nilai satu pada bulan purnama. Dengan demikian, data *Fraction Illumination* ini dapat dijadikan pedoman untuk mengetahui kapan terjadinya ijtima' dan kapan Bulan purnama (*istiqbal*). Demikian pula saat *first quarter* (*tarbiul awwal*) dan *last quarter* (*tarbi'usstani*) dari Bulan juga dapat dihitung, yaitu dengan mencari nilai *Fraction Illumination* sebesar setengah. Data ini diperlukan untuk membantu pelaksanaan rukyatul Hilal sekaligus melakukan pengecekan mengenai besarnya Hilal.

C. Hisab Sistem Ephemeris

Ephemeris merupakan data yang diterbitkan oleh Kementrian Agama RI setiap tahunnya dan juga disajikan dalam bentuk software yang bernama WinHisab den version 2.0. Di dalam software ini ada beberapa item yang di antaranya menyajikan data Matahari dan Bulan pada tiap hari perjam. Data inilah yang dijadikan sumber dalam melakukan perhitungan. Adapaun dalam melakukan proses perhitungan harus menggunakan alat bantu, seperti kolkulator atau komputer untuk mempermudah dalam melakukan perhitungan.

Adapun langkah-langkah dalam melakukan proses perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Menetukaan markaz (lintang bujur dan ketinggian tempat dari permukaan air laut)
2. Menghintung konversi dari Hijriah ke Masehi dari tanggal Bulan dan tahun yang dikehendaki.
3. Menghitung terjadinya ijtima' (konjungsi) dengan menggunakan rumus :

   IJTIMA'= J^1 + ((EL^1 – AL^1) ÷ ((AL^2 – AL^1) – (EL^2 – EL^1)))
4. Menghitung Matahari terbenam dengan langgka sebagai berikut:
   a. Menghitung tinggi Matahari saat terbenam ($h_\odot$) dengan rumus:

      $h_\odot$= –(ku + ref + sd)

   b. Menetukan deklinasi Matahari ($\delta°$) dan *equation of time* (e)

   c. Menghitung sudut waktu Matahari ($t_\odot$) saat terbenam dengan rumus:

      Cos $t_\odot$ = sin $h_\odot$ ÷ cos φ^x ÷ cos $\delta_\odot$ – tan φ^x × tan $\delta_\odot$

5. Menghitung Azimuth Matahari (Az☉) saat *ghurub* dengan rumus:

   Cot A☉ = tan δ☉ × cos φ^x ÷ sin t– sin φ^x ÷ tan t

6. Menghitung Right Ascension Matahari (ARA☉) dengan rumus:

   ARA☉ = ARA $\odot^1$ + k (ARA$\odot^2$ – ARA$\odot^1$)

7. Menghitung Right Ascension Bulan ($ARA_($) dengan rumus:

   $ARA_($ = $ARA_(^1$ + k ($ARA_(^2$ – $ARA_(^1$)

8. Menghitung Sudut Waktu Bulan ($t_($) dengan rumus:

   $t_($ = ARA☉ + t☉ – $ARA_($

9. Menentukan deklinasi Bulan ($\delta_($) dengan melakukan interpilasi (ta'dil) berikut:

   $A = B^1 + D (C^2 – B^1)$

10. Menghitung Tinggi Bulan Hakiki (h'() dengan rumus:

    Sin h'$_($ = sin φ^x × sin $\delta_($ + cos φ^x × cos $\delta_($ × cos $t_($

11. Koreksi-koreksi untuk memperoleh Tinggi Hilal Mar'i ($h_($):

    a. Menghitung *Horizontal Parallax* (HP) saat ghurub, dengan rumus interpolasi sebagai berikut:

    HP = HP^1 + k (HP^2 – HP^1)

    b. Parallaks (Par)

    HP cos $h_($

    c. Refraksi (Ref), diperoleh dengan rumus:

    0.0167 ÷ tan (h + 7,31 ÷ (h + 4,4))

12. Kerendahan ufuk (ku / dip), digunakan rumus:

    ku / dip= 0° 1',76 √ h

13. Menghitung tinggi Hilal mar'i ($h_($), dengan rumus:

    $h_($ = $h_($ – Par + Ref + ku

14. Menghitung Azimuth Hilal ($Az_($) dapat dengan rumus:

    Cot $A_($= tan $\delta_($ × cos φ^x ÷sin $t_($ – sin φ^x ÷ tan $t_($

15. Menghitung Posisi Hilal (P) dapat diperoleh dengan rumus:

    $P_($ = $Az_($ – Az°

16. Menetukan Elongasi Bulan Hakiki ($E_($) dapat diperoleh dengan rumus:

    Cos $E_($ = sin h_o × sin $h_($ + cos h_o × cos $h_($ × cos $P_($

17. Menetukan Elongasi Bulan Mar'i ($E'_($) dapat diperoleh dengan rumus:

    Cos $E'_($ = sin h_o × sin $h'_($ + cos h_o × cos $h'_($ × cos $P_($

18. Menghitung cahaya Hilal dapat diperoleh dengan rumus:

    Cahaya Hilal = PI^1 + k × (PI^2 – PI^1)

D. Perhitungan Awal Bulan Sistem Ephemeris

a). Hisab Hakiki Sistem Ephemeris Untuk Awal Ramadhan 1438 H. Dengan Markaz Pondok Pesantren An Nur Pakis Magelang (λ= 110° 19' 2.67", ϕ = - 7°27' 07.836" h = 700 M)

b). Melakukan konversi dari Hijriah ke Masehi 29 sya'ban 1438 H. dengan langkah-langkah sbb :

1. Sampai dengan akhir Dzulhijjah 1437 H.
   1437 ÷ 30 = 47 DH = 47 × 10631 = 499.657^h
   sisanya = 27 tahun=27 × 354 + 10 (k) = 9.568^h
2. Akhir Dzulhj 1437H. s/d. 29 Sya'ban 1438 H= 36^h +
   Jumlah = 509.461^h
3. Perbedaan Hijriah – Masehi = 227.012^h +
   Jumlah = 736.473^h ÷ 1461
4. = 504 DM. (504 x 1461) = 736.344^h –
   sisa = 129^h ÷ 365
5. = 0 th M (0 X 365) = 0^h –
   sisa = 129^h
6. Tahun 1 M + 504 x 4 + 0 th = Th. 2017 M.
7. Anggaran Consili dan Gregorius (3+10 + 3)= 16^h +
   Jumlah = 145^h ÷ 30.4
8. = 4 (April 2017) akhir April 2017 = 120^h –
   sisa = 25^h
9. Sisa 25 adalah 25 Mei 2017 M.

Berarti menurut Hisab *Urfi* 29 Sya'ban1438 H bertepatan dengan tanggal 25 Mei 2017 M. Hari dan pasarannya adalah Kamis Kliwon Antara hisab *urfi* dengan hisab *hakiki* kadangkala bersamaan kadang kala mendahului satu hari.

Menentukan terjadinya ijtima' akhir Sya'ban 1438 H. yang diperkirakan terjadi antara tanggal 25 atau 26 Mei 2017 M. dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perhatikan *Fraction Illumination* (cahaya bulan) terkecil dari Ephemeris 2017 pada bulan Mei, pada tanggal 25 dan 26 Mei 2017 M. cahaya bulan terendah diperoleh pada tanggal 25 Mei 2017 M. **pk. 19 GMT, pk. 20 GMT dan pk. 21 GMT. yaitu**

0.00191 kemudian 0.00189 dan 0.00193 Setelah itu perhatikan *Ecliptic Longitude Matahari* (EL) dan *Apparent Longitude Bulan* (AL) pada jam jam tersebut dan pilih yang cocok, yaitu yang pertama AL harus lebih kecil dari EL dan yang kedua AL harus lebih besar dari EL. Dalam hal ini ternyata ijtima' terjadi antara pukul 19 GMT dan 20 GMT atau antara pk. 02 WIB dan pk. 03 WIB pada hari Jumat Legi, 26 Mei 2017 M.

JAM GMT	EL	AL
19	64°45'17"	64°17'14"
20	64°47'41"	64°55'32"

2. Kemudian lakukan interpolasi dengan rumus sebagai berikut:

   IJTIMA'= J^1 + ((EL^1–AL^1) ÷ ((AL^2–AL^1) – (EL^2–EL^1)))

   = pk. 19 + ((64°45'17" – 64°17'14") ÷ ((64°55'32" –64°17'14") – (64°47'41" – 64°45'17")))

   = pk. 19:46:52,81 GMT + 7^j

   = pk. 26:46:52,81 – 24 WIB

   = pk. 02:46:52,81 WIB

Berarti IJTIMA' akhir sya'ban 1438 H. terjadi hari Jum'at Legi, tanggal 26 Mei 2017 M. pk. 02:46:52,81 WIB .

c). Menentukan terbenam Matahari di Pondok Pesantren An Nur Pakis Magelang pada tanggal 29 Sya'ban 1438 H/26 Mei 2017 M. dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Hitung tinggi Matahari saat terbenam (h☉) dengan rumus:

   h☉= –(ku + ref + sd)

ku adalah kerendahan ufuk dapat diperoleh dengan rumus:

ku = 0°1.76' √ h
= 0°1.76' √ 700 m
= 0°46'33.91"
ref = 0° 34'(refraksi/pembiasan tertinggi saat ghurub)
sd = 0° 16' semi diameter matahari rata-rata.
h⊙= –(ku + ref + sd)
= –(0°46'33.91"+ 0°34' + 0°16')
= –1°36' 33.91"

2. Tentukan deklinasi Matahari (δ⊙) dan *Equation Of Time* (e) pada tanggal 29 Sya'ban 1438 H./ 26 Mei 2017 M. saat ghurub di Pondok Pesantren An Nur Pakis Magelang dengan prakiraan (taqriby) maghrib kurang lebih pk. 18 WIB (11 GMT), diperoleh:

δ⊙ = +21°11'47" dan e = $+00^{j}\ 02^{m}\ 56^{d}$.

3. Tentukan sudut waktu Matahari (t⊙) prakiraan (*taqriby*) saat terbenam dengan rumus:

Cos t⊙ = sin h⊙ ÷ cos φ^{x} ÷ cos δ⊙ – tan φ^{x} × tan δ⊙
Cos t⊙ = sin -1°36'33.91" ÷ cos -7°27'07.836" ÷ cos 21°11'47"
– tan -7°27'07.836" × tan 21°11'47"
t⊙ = 88°50'03.20" ÷ 15
= $+5^{j}\ 55^{m}\ 20.21^{d}$

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1. Model I

Shift Cos (Sin (-)1°36'33.91" ÷ Cos (-)7°27'07.836" ÷ Cos 21°11'47" – Tan (-)7°27'07.836" × Tan 21°11'47") = Shift °'"

2. Model II

   Shift Cos (Sin 1°36'33.91" +/- ÷ Cos 7°27'07.836" +/- ÷ Cos 21°11'47" – Tan 7°27'07.836" +/- × Tan 21°11'47") = Shift °'"

3. Model III

   1°36'33.91" +/- Sin ÷ 7°27'07.836" +/- Cos ÷ 21°11'47" Cos – 7°27'07.836" +/- Tan × 21°11'47" Tan = Shift Cos Shift °'"

4. Model IV

   1.363391 DEG +/- Sin ÷ 7.2707836 DEG +/- Cos ÷ 21.1147 DEG Cos – 7.2707836 DEG +/- Tan × 21.1147 DEG Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Cos (Sin ((-)1°36'33.91") ÷ Cos((-)7°27'07.836") ÷ Cos(21°11'47")– Tan((-)7°27'07.836") × Tan(21°11'47")) = Shift °'"

4. Terbenam Matahari

   = pk. 12 + (+5^{j} 55^{m} 20.21^{d})
   = pk. 17:55:20.21 WH – e + (BT^{d} –BT^{x}) ÷ 15
   = pk. 17:55:20.21 – (00^{j} 02^{m} 56^{d}) + (105°–110°19'2.67") ÷ 15
   = **pk. 17:31:08.04 WIB.**

5. Tentukan deklinasi Matahari (δ⊙) dan *equation of time* (e) pada tanggal 29 Sya'ban 1438 H/26 Mei 2017. Saat ghurub di Pondok Pesantren An-Nur Pakis Magelang yang sesungguhnya (*hakiki*), yaitu pk. 17:31:08.04 WIB dengan melakukan interpolasi sebagai berikut:

6. Deklinasi Matahari (δ⊙) pk.17:31:08.04 WIB. dengan rumus :

   $\delta\odot = \delta\odot + k\ (\delta\odot^{2} - \delta\odot^{1})$
   $\delta\odot^{1}$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = +21°11'21"

$\delta\odot^2$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = +21°11'47"
k (selisih waktu) = $00^j\ 31^m 08.04^d$
$\delta\odot$ = 21°11'21" + $00^j\ 31^m 08.04^d$ × (21°11'47" – 21°11'21")
= **21°11'34.49"**

7. *Equation of Time* (e) pk. 17:31:08.04 WIB. dengan rumus:

$e = e^1 + k\ (e^2 - e^1)$
e^1 (pk. 17 WIB/10 GMT) = $00^j\ 02^m\ 56^d$
e^2 (pk. 18 WIB/11 GMT) = $00^j\ 02^m\ 56^d$
k (selisih waktu) = $00^j\ 31^m\ 08.04^d$
e = $00^j\ 02^m\ 56^d + 00^j\ 31^m 08.04^d \times (00^j\ 02^m\ 56^d - (00^j\ 02^m\ 56^d))$
= **$00^j\ 02^m\ 56^d$**

8. Tentukan sudut waktu Matahari ($t\odot$) sesungguhnya (*hakiki*), saat terbenam dengan rumus:

Cos $t\odot$ = sin $h\odot$ ÷ cos φ^x ÷ cos $\delta\odot$ – tan φ^x × tan $\delta\odot$

Cos $t\odot$ = sin -1°36'33.91" ÷ cos -7°27'07.836" ÷ cos 21°11'34.49" – tan -7°27'07.836" × tan 21°11'34.49"
$t\odot$ = 88°50'04.94" ÷ 15
= $+5^j\ 55^m\ 20.33^d$

¤ Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator

1) Model I

Shift Cos (Sin (-)1°36'33.91"÷ Cos (-)7°27'07.836" ÷ Cos 21°11'34.49" – Tan (-)7°27'07.836" × Tan 21°11'34.49") = Shift °'"

2) Model II

Shift Cos (Sin 1°36'33.91"+/- ÷ Cos 7°27'07.836" +/- ÷ Cos 21°11'34.49" – Tan 7°27'07.836" +/- × Tan 21°11'34.49") = Shift °'"

3) Model III

1°36'33.91" +/- Sin ÷ 7°27'07.836" +/- Cos ÷ 21°11'34.49" Cos – 7°27'07.836" +/- Tan × 21°11'34.49" Tan = Shift Cos Shift °'"

4) Model IV

1.363391 DEG +/- Sin ÷ 7.2707836 DEG +/- Cos ÷ 21.113449 DEG Cos – 7.2707836 DEG +/- Tan × 21.113449 DEG Tan = 2Ndf Cos 2Ndf DEG

5) Model V

Shift Cos(Sin ((-)1°36'33.91") ÷ Cos((-)7°27'07.836") ÷ Cos (21°11'34.49") –Tan((-)7°27'07.836") × Tan(21°11'34.49")) = Shift °'"

9. Terbenam Matahari

= pk. 12 + ($+5^{j}$ 55^{m} 20.33^{d})
= pk. 17:55:20.33 WH – e + (BT^{d} –BT^{x})
= pk. 17:55:20.33– (00^{j} 02^{m} 56^{d}) + (105°–110°19' 02.67") ÷ 15
= pk. 17:31:08.15 WIB.

d). Menghitung Azimuth Matahari (Az☉) saat ghurub pk. 17:31:08.15 WIB (pk. 10:31:08.15GMT) dengan rumus:

Cot A☉= tan δ° × cos φ^{x} ÷ sin t – sin φ^{x} ÷ tan t°

Cot A☉= tan 21°11'34.49" × cos -7°27'07.836" ÷ sin 88°50'04.94" – sin -7°27'07.836" ÷ tan 88°50'04.94"
A☉ = 68°50'5.45" (UB)/21°09'54.55" SB

Azimuth Matahari (Az☉) = 360° – 68°50'5.45"
= 291°9'54.55" (UTSB)

¤ Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator

1) Model I
Shift Tan (Tan 21°11'34.49" × Cos (-)7°27'07.836" ÷ Sin 88°50'04.94" – Sin (-)7°27'07.836" ÷ Tan 88°50'04.94") X^{-1} = Shift °'"

2) Model II
Shift Tan (Tan 21°11'34.49" × Cos 7°27'07.836" +/- ÷ Sin 88°50'04.94"– Sin 7°27'07.836" +/- ÷ Tan 88°50'04.94") Shift 1/X = Shift °'"

3) Model III
21°11'34.49" Tan × 7°27'07.836" +/- Cos ÷ 88°50'04.94" Sin – 7°27'07.836" +/- Sin ÷ 88°50'04.94" Tan = Shif 1/X Shift Tan Shift °'"

4) Model IV
21.113449 DEG Tan × 7.2707836 +/- DEG Cos ÷ 88.500494 DEG Sin – 7.2707836 +/- DEG Sin ÷ 88.500494 DEG Tan = 2Ndf 1/X 2Ndf Tan 2Ndf DEG

5) Model V
Shift Tan ((Tan (21°11'34.49") × Cos ((-)7°27'07.836") ÷ Sin(88°50'04.94") – Sin ((-)7°27'07.836" ÷ Tan (88°50'04.94")) X^{-1} = Shift °'"

e). Menentukan *Right Ascension* Matahari (ARA⊙) pk. 17:31:08.15 WIB (pk. 10:31:08.15GMT) dengan rumus interpolasi sebagai berikut:

$ARA\odot = ARA\odot^1 + k\,(ARA\odot^2 - ARA\odot^1)$
$ARA\odot^1$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = 63°25'29"
$ARA\odot^2$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = 63°28'02"
k (selisih waktu) = $00^j\ 31^m\ 08.15^d$
$ARA\odot = 63°25'29" + 00^j31^m08.15^d \times (63°28'02" - 63°25'29")$
= 63°26'48.4"

f). Menentukan *Right Acsension* Bulan ($ARA_($) pk. 17:31:08.15 WIB (pk. 10:31:08.15 GMT) dengan rumus interpolasi sebagai berikut:

$ARA_{(} = ARA_{(}^{1} + k\,(ARA_{(}^{2} - ARA_{(}^{1})$
$ARA_{(}^{1}$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = 73°06'00"
$ARA_{(}^{2}$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = 73°45'40"
k (selisih waktu) = $00^{j}\ 31^{m}\ 08.15^{d}$

$ARA_{(}$ = 73°06'00" + $00^{j}\ 31^{m}\ 08.15^{d}$ × (73°45'40" – 73°06'00")
= 73°26'35.05"

g). Menentukan Sudut Waktu Bulan ($t_{(}$) pk. 17:31:08.15 WIB (pk. 10:31:08.15 GMT) dengan rumus sebagai berikut:

$t_{(} = ARA\odot + t\odot - ARA_{(}$
= 63°26'48.4" + 88°50'04.94" – 73°26'35.05"
= 78°50'18.29"

h). Menentukan deklinasi Bulan ($\delta_{(}$)pk. 17:31:08.15 WIB (pk. 10:31:08.15 GMT) dengan menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$\delta_{(} = \delta_{(}^{1} + k\,(\delta_{(}^{2} - \delta_{(}^{1})$
$\delta_{(}^{1}$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = 17°40'29"
$\delta_{(}^{2}$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = 17°45'45"
k (selisih waktu) = $00^{j}\ 31^{m}\ 08.15^{d}$
$\delta_{(}$ = 17°40'29" + $00^{j}\ 31^{m}\ 08.15^{d}$ × (17°45'45" – 17°40'29")
= 17°43'12.98"

i). Menentukan Tinggi Bulan Hakiki ($h_{(}$) dengan menggunakan rumus:

$\sin h_{(} = \sin \varphi^{x} \times \sin \delta_{(} + \cos \varphi^{x} \times \cos \delta_{(} \times \cos t_{(}$
$\sin h_{(}$ = sin –7°27'07.836" × sin 17°43'12.98" + cos –7°27'07.836" × cos 17°43'12.98" × cos 78°50'18.29"
$h_{(}$ = **+08°14'32.01"** (tinggi Hilal hakiki)

¤ Cara Penyelesaain Menggunakan Kalkulator

1) Model I
Shift Sin (Sin (-)7°27'07.836" × Sin 17°43'12.98"+ Cos (-) 7°27'07.836" × Cos 17°43'12.98"× Cos 78°50'18.29") = Shift °'"

2) Model II
Shift Sin (Sin 7°27'07.836" +/- × Sin 17°43'12.98" + Cos

7°27'07.836" +/- × Cos 17°43'12.98" × Cos 78°50'18.29") = Shift °'"

3) Model III
7°27'07.836" +/- Sin × 17°43'12.98" Sin + 7°27'07.836" +/- Cos × 17°43'12.98" Cos × 78°50'18.29" Cos = Shift Sin Shift °'"

4) Model IV
7.2707836 +/- DEG Sin × 17.431298 DEG Sin + 7.2707836 +/- DEG Cos × 17.431298 DEG Cos × 78.501829DEG Cos = 2Ndf Sin 2Ndf DEG

5) Model V
Shift Sin (Sin ((-)7°27'07.836") × Sin (17°43'12.98") + Cos ((-)7°27'07.836") × Cos (17°43'12.98") × Cos (78°50'18.29")) = Shift °'"

j). Koreksi-koreksi yang diperlukan untuk memperoleh Tinggi Hilal Mar'i ($h_($):

1. Parallaks (Par), digunakan untuk mengurangi tinggi Hilal hakiki.

   Untuk mendapatkan Parallaks (Par) harus melalui tahapan sebagai berikut:

   a. Menentukan *Horizontal Parallax* (HP) saat ghurub, dengan rumus interpolasi sebagai berikut:

      $HP = HP^1 + k (HP^2 - HP^1)$

      $HP_(^1$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = 1°01'22"

      $HP_(^2$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = 1°01'22"

      k (selisih waktu) = $00^j\ 31^m\ 08.15^d$

      HP = 1°01'22" + $00^j\ 31^m\ 08.15^d$ × (1°01'22" – 1°01'22")

      = 1°01'22"

   b. Parallaks (Par) = HP cos $h_($
      = 1°01'22" × cos **08°14'32.01"**
      = 1°00'43.97"

2. Semi diameter (s.d) Bulan tidak perlu diperhitungkan karena yang memantulkan cahaya bukan bagian atas, melainkan kadang kala busur bagian bawah kanan, kadang kala bawah kiri dan kadang kala busur bagian bawah tepat. Dalam hal ini adalah bagian bawah kanan.

3. Refraksi (Ref), digunakan untuk menambah tinggi Hilal hakiki, dan untuk mendapatkan refraksi dapat digunakan rumus Refraksi diperoleh dengan rumus = 0.0167 ÷ tan (h + 7,31 ÷ (h + 4,4))
   0.0167 ÷ tan **(08°14'32.01"** + 7,31 ÷ **(08°14'32.01"** + 4,4))
   = **00°6'27.44"**

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1) Model I
   0.0167 ÷ tan **(08°14'32.01"** + 7,31 ÷ **(08°14'32.01"** + 4,4))

2) Model II
   0.0167 ÷ tan **(08°14'32.01"** + 7,31 ÷ **(08°14'32.01"** + 4,4))

3) Model III
   0.0167 ÷ **(08°14'32.01"** tan + 7,31 ÷ **(08°14'32.01"** + 4,4))

4) Model IV
   0.0167 ÷ **(08.143201 DEG** Tan + 7,31 ÷ **(08.143201** + 4,4))

5) Model V
   0.0167 ÷ tan **((08°14'32.01"**)+ 7,31 ÷ **(08°14'32.01"** + 4,4))

k). Kerendahan ufuk (ku / dip), digunakan untuk menambah tinggi Hilal hakiki. Dan untuk mendapatkannya dapat digunakan rumus:

ku / dip = 0° 1',76 √ h
= 0° 1'.76 √ 700 m
= 0°46'33,91"

l). Menentukan tinggi Hilal mar'i ($h'_{(}$), dengan rumus:

$h_{(}$ = $h_{(}$ – Par + Ref + ku

= **08°14'32.01"** –1°00'43.97"+ **00°6'27.44"** + 0°46'33,91"
= **+08° 6'49.39"**

m). Azimuth Hilal ($Az_($) dapat diperoleh denga rumus:

Cot $A_($ = tan $\delta_(\times$ cos $\varphi^x \div$ sin $t_(-$ sin $\varphi^x \div$ tan $t_($

Cot $A_($ = tan 17°43'12.98" × cos -7°27'07.836" ÷ sin 78°50'18.29" – sin -7°27'07.836" ÷ tan 78°50'18.29"

$Az_($ = 70°47' 5.95" (UB)/ 250°47' 5.95" (SB)

$Az_($ = 360° – 70°47' 5.95" = 289°12'54" (UTSB)

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1) Model I
   Shift Tan (Tan 17°43'12.98" × Cos (-)7°27'07.836" ÷ Sin 78°50'18.29" – Sin (-)7°27'07.836" ÷ Tan 78°50'18.29") X^{-1} = Shift °'"
2) Model II
   Shift Tan (Tan 17°43'12.98" × Cos 7°27'07.836" +/- ÷ Sin 78°50'18.29" – Sin 7°27'07.836" +/- ÷ Tan 78°50'18.29") Shift 1/X = Shift °'"
3) Model III
   17°43'12.98" Tan × 7°27'07.836" +/- Cos ÷ 78°50'18.29" Sin – 7°27'07.836" +/- Sin ÷ 78°50'18.29" Tan = Shif 1/X Shift Tan Shift °'"
4) Model IV
   17.431298 DEG Tan × 7.2707836 +/- DEG Cos ÷ 78.501829 DEG Sin – 7.2707836 +/- DEG Sin ÷ 78.501829 DEG Tan = 2Ndf 1/X 2Ndf Tan 2Ndf DEG
5) Model V
   Shift Tan ((Tan(17°43'12.98") × Cos((-)7°27'07.836") ÷ Sin (78°50'18.29") – Sin ((-)7°27'07.836"÷ Tan (78°50'18.29")) X^{-1} = Shift °'"

n). Posisi Hilal (P) dapat diperoleh dengan rumus:

$P_($ = $Az_($ – Az⊙
= 289°12'54" – 291°9'54.55"
= –1° 57' 0.55" (sebelah selatan Matahari terbenam)

o). Menetukan Elongasi Bulan Hakiki ($E_($) dapat diperoleh dengan rumus:

Cos $E_($ = sin $h_o \times$ sin $h_(+$ cos $h_o \times$ cos $h_(\times$ cos $P_($
Cos $E_($ = sin -1°36'33.91" × sin **08°14'32.01"** + cos -1°36'33.91" ×

cos **08°14'32.01"**× cos 1°57'0.55"
= 10°2'30.14"

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1) Model I
Shift Cos (Sin (-)1°36'33.91" × Cos **08°6'49.39"** + Cos (-) 1°36'33.91" × Cos **08°6'49.39"** × Cos 1°57'0.55") = Shift °'"
2) Model II
Shift Cos (Sin 1°36'33.91" +/- × Cos **08°6'49.39"** + Cos 1°36'33.91" +/- × Cos **08°6'49.39"** × Cos 1°57'0.55") = Shift °'"
3) Model III
1°36'33.91" +/- Sin × **08°6'49.39"** Cos + 1°36'33.91" +/- Cos × **08°6'49.39"** Cos × 1°57'0.55" Cos = Shift Cos Shift °'"
4) Model IV
1.363391 +/- DEG Sin × **08.64939** DEG Cos + 1.363391 +/- DEG Cos × **08.64939** DEG Cos × 1.57055 DEG Cos = 2Ndf Cos 2Ndf DEG
5) Model V
Shift Cos (Sin((-)1°36'33.91") × Cos **(08°6'49.39")** + Cos ((-) 1°36'33.91") × Cos **(08°6'49.39")** × Cos 1°57'0.55")) = Shift °'"

p). Menetukan Elongasi Bulan Mar'i ($E'_($) dapat diperoleh dengan rumus:

Cos $E'_($ = sin h_o× sin $h_($ + cos h_o × cos $h_($ × cos $P_($
Cos $E'_($ = sin -1°36'33.91" × sin **08°6'49.39"** + cos -1°36' 33.91" × cos **08°6'49.39"** × cos 1°57'0.55"
= 09°54'56.52"

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1) Model I
Shift Cos (Sin (-)1°36'33.91" × Cos **08°6'49.39"** + Cos (-) 1°36'33.91" × Cos **08°6'49.39"** × Cos 1°57'0.55") = Shift °'"
2) Model II
Shift Cos (Sin 1°36'33.91" +/- × Cos **08°6'49.39"** + Cos 1°36'33.91" +/- × Cos **08°6'49.39"** × Cos 1°57'0.55") = Shift °'"
3) Model III
1°36'33.91" +/- Sin × **08°6'49.39"** Cos + 1°36'33.91" +/- Cos × **08°6'49.39"** Cos × 1°57'0.55" Cos = Shift Cos Shift °'"

4) Model IV
   1.363391 +/- DEG Sin × **08.64939** DEG Cos + 1.363391 +/- DEG Cos × **08.64939** DEG Cos × 1.57055 DEG Cos = 2Ndf Cos 2Ndf DEG
5) Model V
   Shift Cos (Sin((-)1°36'33.91") × Cos (**08°6'49.39"**) + Cos ((-) 1°36'33.91") × Cos (**08°6'49.39"**) × Cos 1°57'0.55")) = Shift °'"

q). Cahaya Hilal dapat diperoleh dengan rumus:

Cahaya Hilal = PI^1 + k × (PI^2 – PI^1)
PI^1 (pk. 17 WIB/10 GMT) = 0.00728
PI^2 (pk. 18 WIB/11 GMT) = 0.00807
k (selisih waktu) = 00^j 31^m 05.15^d.
Cahaya Hilal = 0.00728+$00^j31^m08.15^d$× (0.00807– 0.00728)
= 0.002768 (0.2768%)

KESIMPULAN:

Akhir Sya'ban1438 H di Pondok Pesantren An-Nur dengan sistem Ephimerise sebagai berikut:

1. Berarti IJTIMA' akhir Sya'ban 1438 H. terjadi hari Jum'at Legi, tanggal 26 Mei 2017 M. pk. 02:46:52.81. WIB
2. Matahari Terbenam = 17:31:08.15 WIB.
3. Hilal Terbenam = 18:03:35.44 WIB
4. Umur Bulan = 14:44:15.34
5. Azimuth Matahari = 291°9'54.55"
6. Azimuh Bulan = 289°12'54"
7. Tinggi Matahari = –1° 36' 33.91"
8. Tinggi Hilal hakiki = +08°12'32.01"
9. Tinggi Hilal mar'i = +08°6'49.39"
10. Posisi Hilal = -01°57' 0.55" (Selatan Matahari).
11. Cahaya Hilal = 0.2768 %
12. Elongasi Bulan Hakiki = **10°2'30.14"**
13. Elongasi Bulan Mar'i = **09°54'56.52"**

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	63° 59' 38"	-0.95"	61° 59' 26"	20° 56' 27"	1.0128577	15'47.45"	23° 26' 05"	3 m 05 s
1	64° 02' 03"	-0.95"	62° 01' 58"	20° 56' 54"	1.0128653	15'47.44"	23° 26' 05"	3 m 05 s
2	64° 04' 27"	-0.95"	62° 04' 29"	20° 57' 21"	1.0128729	15'47.43"	23° 26' 05"	3 m 05 s
3	64° 06' 51"	-0.95"	62° 07' 01"	20° 57' 48"	1.0128805	15'47.43"	23° 26' 05"	3 m 04 s
4	64° 09' 15"	-0.95"	62° 09' 33"	20° 58' 15"	1.0128881	15'47.42"	23° 26' 05"	3 m 04 s
5	64° 11' 39"	-0.95"	62° 12' 04"	20° 58' 42"	1.0128957	15'47.41"	23° 26' 05"	3 m 04 s
6	64° 14' 03"	-0.95"	62° 14' 36"	20° 59' 08"	1.0129032	15'47.41"	23° 26' 05"	3 m 04 s
7	64° 16' 28"	-0.95"	62° 17' 08"	20° 59' 35"	1.0129108	15'47.40"	23° 26' 05"	3 m 03 s
8	64° 18' 52"	-0.95"	62° 19' 40"	21° 00' 02"	1.0129183	15'47.39"	23° 26' 05"	3 m 03 s
9	64° 21' 16"	-0.95"	62° 22' 11"	21° 00' 28"	1.0129259	15'47.38"	23° 26' 05"	3 m 03 s
10	64° 23' 40"	-0.95"	62° 24' 43"	21° 00' 55"	1.0129334	15'47.38"	23° 26' 05"	3 m 03 s
11	64° 26' 04"	-0.95"	62° 27' 15"	21° 01' 21"	1.0129409	15'47.37"	23° 26' 05"	3 m 02 s
12	64° 28' 28"	-0.95"	62° 29' 47"	21° 01' 48"	1.0129484	15'47.36"	23° 26' 05"	3 m 02 s
13	64° 30' 52"	-0.95"	62° 32' 18"	21° 02' 14"	1.0129559	15'47.36"	23° 26' 05"	3 m 02 s
14	64° 33' 17"	-0.95"	62° 34' 50"	21° 02' 41"	1.0129634	15'47.35"	23° 26' 05"	3 m 02 s
15	64° 35' 41"	-0.95"	62° 37' 22"	21° 03' 07"	1.0129709	15'47.34"	23° 26' 05"	3 m 01 s
16	64° 38' 05"	-0.95"	62° 39' 54"	21° 03' 33"	1.0129784	15'47.34"	23° 26' 05"	3 m 01 s
17	64° 40' 29"	-0.95"	62° 42' 26"	21° 03' 60"	1.0129858	15'47.33"	23° 26' 05"	3 m 01 s
18	64° 42' 53"	-0.95"	62° 44' 58"	21° 04' 26"	1.0129933	15'47.32"	23° 26' 05"	3 m 01 s
19	64° 45' 17"	-0.95"	62° 47' 30"	21° 04' 52"	1.0130007	15'47.31"	23° 26' 05"	3 m 00 s
20	64° 47' 41"	-0.95"	62° 50' 02"	21° 05' 18"	1.0130082	15'47.31"	23° 26' 05"	2 m 60 s
21	64° 50' 05"	-0.95"	62° 52' 33"	21° 05' 45"	1.0130156	15'47.30"	23° 26' 05"	2 m 60 s
22	64° 52' 30"	-0.95"	62° 55' 05"	21° 06' 11"	1.0130230	15'47.29"	23° 26' 05"	2 m 59 s
23	64° 54' 54"	-0.94"	62° 57' 37"	21° 06' 37"	1.0130304	15'47.29"	23° 26' 05"	2 m 59 s
24	64° 57' 18"	-0.94"	63° 00' 09"	21° 07' 03"	1.0130378	15'47.28"	23° 26' 05"	2 m 59 s

*) for mean equinox of date

Data Matahari tanggal 25 Mei 2017 (Ephimeris)

DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	52° 11' 12"	-4° 58' 45"	51° 05' 18"	13° 29' 44"	1° 01' 12"	16' 40.63"	52° 56' 13"	0.01249
1	52° 49' 17"	-4° 59' 05"	51° 43' 11"	13° 38' 52"	1° 01' 13"	16' 40.87"	52° 1' 12"	0.01146
2	53° 27' 23"	-4° 59' 22"	52° 21' 08"	13° 47' 54"	1° 01' 14"	16' 41.09"	51° 0' 20"	0.01048
3	54° 05' 30"	-4° 59' 38"	52° 59' 09"	13° 56' 51"	1° 01' 15"	16' 41.30"	49° 52' 47"	0.00955
4	54° 43' 39"	-4° 59' 51"	53° 37' 14"	14° 05' 42"	1° 01' 15"	16' 41.51"	48° 37' 38"	0.00867
5	55° 21' 48"	-5° 00' 02"	54° 15' 23"	14° 14' 27"	1° 01' 16"	16' 41.71"	47° 13' 47"	0.00785
6	55° 59' 58"	-5° 00' 11"	54° 53' 36"	14° 23' 07"	1° 01' 17"	16' 41.90"	45° 39' 56"	0.00708
7	56° 38' 10"	-5° 00' 17"	55° 31' 53"	14° 31' 40"	1° 01' 17"	16' 42.07"	43° 54' 37"	0.00636
8	57° 16' 22"	-5° 00' 21"	56° 10' 13"	14° 40' 08"	1° 01' 18"	16' 42.24"	41° 56' 04"	0.00569
9	57° 54' 34"	-5° 00' 23"	56° 48' 37"	14° 48' 29"	1° 01' 19"	16' 42.40"	39° 42' 15"	0.00508
10	58° 32' 48"	-5° 00' 23"	57° 27' 05"	14° 56' 45"	1° 01' 19"	16' 42.55"	37° 10' 53"	0.00452
11	59° 11' 02"	-5° 00' 21"	58° 05' 37"	15° 04' 54"	1° 01' 20"	16' 42.70"	34° 19' 21"	0.00402
12	59° 49' 17"	-5° 00' 16"	58° 44' 12"	15° 12' 56"	1° 01' 20"	16' 42.83"	31° 4' 50"	0.00357
13	60° 27' 33"	-5° 00' 09"	59° 22' 50"	15° 20' 52"	1° 01' 21"	16' 42.95"	27° 24' 24"	0.00317
14	61° 05' 49"	-4° 59' 60"	60° 01' 33"	15° 28' 42"	1° 01' 21"	16' 43.06"	23° 15' 20"	0.00282
15	61° 44' 05"	-4° 59' 48"	60° 40' 18"	15° 36' 25"	1° 01' 21"	16' 43.17"	18° 35' 26"	0.00253
16	62° 22' 22"	-4° 59' 35"	61° 19' 07"	15° 44' 02"	1° 01' 22"	16' 43.26"	13° 23' 49"	0.00230
17	63° 00' 38"	-4° 59' 19"	61° 57' 57"	15° 51' 31"	1° 01' 22"	16' 43.35"	7° 41' 53"	0.00212
18	63° 38' 56"	-4° 59' 00"	62° 36' 53"	15° 58' 54"	1° 01' 22"	16' 43.42"	1° 32' 53"	0.00199
19	64° 17' 14"	-4° 58' 40"	63° 15' 51"	16° 06' 10"	1° 01' 23"	16' 43.49"	355° 4' 07"	0.00191
20	64° 55' 32"	-4° 58' 17"	63° 54' 53"	16° 13' 19"	1° 01' 23"	16' 43.54"	348° 25' 24"	0.00189
21	65° 33' 50"	-4° 57' 52"	64° 33' 58"	16° 20' 20"	1° 01' 23"	16' 43.59"	341° 48' 08"	0.00193
22	66° 12' 09"	-4° 57' 25"	65° 13' 06"	16° 27' 15"	1° 01' 23"	16' 43.63"	335° 23' 30"	0.00201
23	66° 50' 27"	-4° 56' 56"	65° 52' 16"	16° 34' 03"	1° 01' 23"	16' 43.66"	329° 20' 46"	0.00216
24	67° 28' 46"	-4° 56' 24"	66° 31' 30"	16° 40' 43"	1° 01' 23"	16' 43.67"	323° 46' 10"	0.00235

Dara Bulan Tanggal 25 Mei 2017 (Emphimeris)

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	64° 57' 18"	-0.94"	63° 00' 09"	21° 07' 03"	1.0130378	15'47.28"	23° 26' 05"	2 m 59 s
1	64° 59' 42"	-0.94"	63° 02' 41"	21° 07' 29"	1.0130452	15'47.27"	23° 26' 05"	2 m 59 s
2	65° 02' 06"	-0.94"	63° 05' 13"	21° 07' 55"	1.0130526	15'47.27"	23° 26' 05"	2 m 58 s
3	65° 04' 30"	-0.94"	63° 07' 45"	21° 08' 21"	1.0130599	15'47.26"	23° 26' 05"	2 m 58 s
4	65° 06' 54"	-0.94"	63° 10' 17"	21° 08' 47"	1.0130673	15'47.25"	23° 26' 05"	2 m 58 s
5	65° 09' 18"	-0.94"	63° 12' 49"	21° 09' 12"	1.0130747	15'47.25"	23° 26' 05"	2 m 58 s
6	65° 11' 43"	-0.94"	63° 15' 21"	21° 09' 38"	1.0130820	15'47.24"	23° 26' 05"	2 m 57 s
7	65° 14' 07"	-0.94"	63° 17' 53"	21° 10' 04"	1.0130893	15'47.23"	23° 26' 05"	2 m 57 s
8	65° 16' 31"	-0.93"	63° 20' 25"	21° 10' 30"	1.0130967	15'47.22"	23° 26' 05"	2 m 57 s
9	65° 18' 55"	-0.93"	63° 22' 57"	21° 10' 55"	1.0131040	15'47.22"	23° 26' 05"	2 m 56 s
10	65° 21' 19"	-0.93"	63° 25' 29"	21° 11' 21"	1.0131113	15'47.21"	23° 26' 05"	2 m 56 s
11	65° 23' 43"	-0.93"	63° 28' 02"	21° 11' 47"	1.0131186	15'47.20"	23° 26' 05"	2 m 56 s
12	65° 26' 07"	-0.93"	63° 30' 34"	21° 12' 12"	1.0131259	15'47.20"	23° 26' 05"	2 m 56 s
13	65° 28' 31"	-0.93"	63° 33' 06"	21° 12' 38"	1.0131331	15'47.19"	23° 26' 05"	2 m 55 s
14	65° 30' 55"	-0.93"	63° 35' 38"	21° 13' 03"	1.0131404	15'47.18"	23° 26' 05"	2 m 55 s
15	65° 33' 19"	-0.92"	63° 38' 10"	21° 13' 29"	1.0131477	15'47.18"	23° 26' 05"	2 m 55 s
16	65° 35' 43"	-0.92"	63° 40' 42"	21° 13' 54"	1.0131549	15'47.17"	23° 26' 05"	2 m 54 s
17	65° 38' 07"	-0.92"	63° 43' 14"	21° 14' 20"	1.0131621	15'47.16"	23° 26' 05"	2 m 54 s
18	65° 40' 32"	-0.92"	63° 45' 46"	21° 14' 45"	1.0131694	15'47.16"	23° 26' 05"	2 m 54 s
19	65° 42' 56"	-0.92"	63° 48' 19"	21° 15' 10"	1.0131766	15'47.15"	23° 26' 05"	2 m 54 s
20	65° 45' 20"	-0.92"	63° 50' 51"	21° 15' 36"	1.0131838	15'47.14"	23° 26' 05"	2 m 53 s
21	65° 47' 44"	-0.91"	63° 53' 23"	21° 16' 01"	1.0131910	15'47.14"	23° 26' 05"	2 m 53 s
22	65° 50' 08"	-0.91"	63° 55' 55"	21° 16' 26"	1.0131982	15'47.13"	23° 26' 05"	2 m 53 s
23	65° 52' 32"	-0.91"	63° 58' 28"	21° 16' 51"	1.0132054	15'47.12"	23° 26' 05"	2 m 52 s
24	65° 54' 56"	-0.91"	64° 00' 60"	21° 17' 16"	1.0132126	15'47.12"	23° 26' 05"	2 m 52 s

*) for mean equinox of date

Data Matahari tanggal 26 Mei 2017 (Ephimeris)

DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	67° 28' 46"	-4° 56' 24"	66° 31' 30"	16° 40' 43"	1° 01' 23"	16' 43.67"	323° 46' 10"	0.00235
1	68° 07' 05"	-4° 55' 50"	67° 10' 46"	16° 47' 16"	1° 01' 23"	16' 43.68"	318° 42' 52"	0.00260
2	68° 45' 23"	-4° 55' 14"	67° 50' 05"	16° 53' 41"	1° 01' 23"	16' 43.68"	314° 11' 25"	0.00291
3	69° 23' 42"	-4° 54' 36"	68° 29' 26"	16° 59' 59"	1° 01' 23"	16' 43.67"	310° 10' 32"	0.00327
4	70° 02' 00"	-4° 53' 55"	69° 08' 51"	17° 06' 09"	1° 01' 23"	16' 43.65"	306° 37' 52"	0.00368
5	70° 40' 18"	-4° 53' 13"	69° 48' 17"	17° 12' 12"	1° 01' 23"	16' 43.62"	303° 30' 36"	0.00414
6	71° 18' 36"	-4° 52' 28"	70° 27' 46"	17° 18' 07"	1° 01' 23"	16' 43.58"	300° 45' 49"	0.00467
7	71° 56' 51"	-4° 51' 41"	71° 07' 14"	17° 23' 54"	1° 01' 23"	16' 43.53"	298° 20' 55"	0.00524
8	72° 35' 08"	-4° 50' 51"	71° 46' 48"	17° 29' 33"	1° 01' 22"	16' 43.47"	296° 13' 00"	0.00587
9	73° 13' 25"	-4° 49' 60"	72° 26' 23"	17° 35' 05"	1° 01' 22"	16' 43.40"	294° 20' 01"	0.00655
10	73° 51' 41"	-4° 49' 06"	73° 06' 00"	17° 40' 29"	1° 01' 22"	16' 43.33"	292° 40' 00"	0.00728
11	74° 29' 57"	-4° 48' 11"	73° 45' 40"	17° 45' 45"	1° 01' 22"	16' 43.24"	291° 11' 17"	0.00807
12	75° 08' 12"	-4° 47' 13"	74° 25' 21"	17° 50' 52"	1° 01' 21"	16' 43.14"	289° 52' 24"	0.00891
13	75° 46' 27"	-4° 46' 13"	75° 05' 04"	17° 55' 52"	1° 01' 21"	16' 43.04"	288° 42' 08"	0.00981
14	76° 24' 41"	-4° 45' 10"	75° 44' 48"	18° 00' 44"	1° 01' 20"	16' 42.92"	287° 39' 24"	0.01075
15	77° 02' 54"	-4° 44' 06"	76° 24' 34"	18° 05' 27"	1° 01' 20"	16' 42.80"	286° 43' 19"	0.01175
16	77° 41' 06"	-4° 42' 60"	77° 04' 21"	18° 10' 02"	1° 01' 20"	16' 42.66"	285° 53' 05"	0.01281
17	78° 19' 18"	-4° 41' 51"	77° 44' 10"	18° 14' 29"	1° 01' 19"	16' 42.52"	285° 8' 04"	0.01391
18	78° 57' 28"	-4° 40' 41"	78° 24' 00"	18° 18' 48"	1° 01' 18"	16' 42.37"	284° 27' 39"	0.01507
19	79° 35' 38"	-4° 39' 28"	79° 03' 51"	18° 22' 58"	1° 01' 18"	16' 42.21"	283° 51' 23"	0.01628
20	80° 13' 47"	-4° 38' 13"	79° 43' 43"	18° 27' 00"	1° 01' 17"	16' 42.04"	283° 18' 48"	0.01754
21	80° 51' 55"	-4° 36' 57"	80° 23' 37"	18° 30' 54"	1° 01' 17"	16' 41.86"	282° 49' 32"	0.01885
22	81° 30' 01"	-4° 35' 38"	81° 03' 30"	18° 34' 39"	1° 01' 16"	16' 41.67"	282° 23' 15"	0.02022
23	82° 08' 07"	-4° 34' 17"	81° 43' 25"	18° 38' 16"	1° 01' 15"	16' 41.47"	281° 59' 40"	0.02163
24	82° 46' 12"	-4° 32' 54"	82° 23' 20"	18° 41' 44"	1° 01' 14"	16' 41.26"	281° 38' 32"	0.02310

Dara Bulan Tanggal 26 Mei 2017 (Emphimeris)

a. Hisab Hakiki Sistem Ephemeris Untuk Awal Syawal 1438 H. Dengan Markaz Pondok Pesantren Bahrul Huda Bangka Belitung (λ= 106° 01' 22.42", ϕ = - 2°19' 24.51" h = 95 M)

b. Melakukan konversi dari Hijriah ke Masehi 29 Ramadhan 1438 H. dengan langkah-langkah sbb :

1. Sampai dengan akhir Dzulhijjah 1437 H.
   1437 ÷ 30 = 47 DH = 47 × 10631 = 499.657^{h}
   sisanya = 27 tahun=27 × 354 + 10 (k) = 9.568^{h}
2. Akhir Dzulhj 1437H. s/d. 29 Rmdh. 1438 H= 265^{h} +
   Jumlah = 509.490^{h}
3. Perbedaan Hijriah – Masehi = 227.012^{h} +
   Jumlah = 736.502^{h} ÷ 1461
4. = 504 DM. (504 x 1461) = 736.344^{h} –
   sisa = 158^{h} ÷ 365
5. = 0 th M (0 X 365) = 0^{h} –
   sisa = 158^{h}
6. Tahun 1 M + 504 x 4 + 0 th = Th. 2017 M.
7. Anggaran Consili dan Gregorius (3+10 + 3) = 16^{h} +
   Jumlah = 174^{h} ÷ 30.4
8. = 5 (Mei 2017) akhir Mei 2017 = 151^{h} –
   sisa = 23^{h}
9. Sisa 23 adalah 23 Juni 2017 M.

Berarti menurut Hisab Urfi 29 Ramadhan 1438 H bertepatan dengan tanggal 23 Juni 2017 M. Hari dan pasarannya adalah Jum'at Wage. Antara hisab urfi dengan hisab hakiki kadangkala bersamaan kadang kala mendahului satu hari.

c. Menentukan terjadinya ijtima' akhir Ramadhan 1438 H. yang diperkirakan terjadi antara tanggal 23 atau 24 Juni 2017 M. dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Perhatikan *Fraction Illumination* (cahaya Bulan) terkecil dari Ephemeris 2017 pada bulan Juni, tanggal 23 dan 24 Juni 2017 M. cahaya Bulan terendah diperoleh pada tanggal 24 Juni 2017 M. **pk. 2 GMT, pk. 3 GMT dan pk. 4 GMT. yaitu 0.00128 kemudian 0.00126 dan 0.00129** Setelah itu perhatikan *Ecliptic Longitude Matahari* (EL) dan *Apparent Longitude Bulan* (AL) pada jam jam tersebut dan pilih yang cocok, yaitu yang pertama AL harus lebih kecil dari EL dan yang kedua AL harus lebih besar dari EL. Dalam hal ini ternyata ijtima' terjadi antara pukul 2 GMT dan 3 GMT atau antara pk. 09 WIB dan pk. 10 WIB pada hari Sabtu Kliwon, 24 Juni 2017 M.

JAM GMT	EL	AL
02	92°46'30"	92°26'49"
03	92°48'54"	93°04'47"

2. Kemudian lakukan interpolasi dengan rumus sebagai berikut:

IJTIMA' $= J^1 + ((EL^1 - AL^1) \div ((AL^2 - AL^1) - (EL^2 - EL^1)))$
$= $ pk. 02 + ((92°46'30" – 92°26'49") ÷ ((93°04'47" –92°26'49") – (92°48'54" – 92°46'30")))
$= $ pk. 02:33:12,31 GMT + 7^j
$= $ pk. 09:33:12,31 WIB

Berarti IJTIMA' akhir Ramadhan 1438 H. terjadi hari Sabtu Kliwon, tanggal 24 Juni 2017 M. pk. 09:33:12,31. WIB .

d. Menentukan terbenam Matahari di Pondok Pesantren Bahrul Huda Bangka Belitung Tengah pada tanggal 29 Ramadhan 1438 H/24 Juni 2017 M. dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Hitung tinggi Matahari saat terbenam (h☉) dengan rumus:

h☉= –(ku + ref + sd)

ku adalah kerendahan ufuk dapat diperoleh dengan rumus:

ku = 0°1'.76 √ h
= 0°1'.76 √ 95 m
= 0°17'09,26
ref = 0° 34'(refraksi/pembiasan tertinggi saat ghurub)

sd = 0° 16' semi diameter Matahari rata-rata.
h⊙= –(ku + ref + sd)
= –(0°17'09.26" + 0°34' + 0°16')
= –1° 7' 9.26"

2. Tentukan deklinasi Matahari (δ°) dan *equation of time* (e) pada tanggal 29 Ramadhan 1438 H./ 24 Juni 2017 M. saat ghurub di Pondok Pesantren Bahrul Huda Bangka Belitung dengan prakiraan (*taqriby*) maghrib kurang lebih pk. 18 WIB (11 GMT), diperoleh:

δ° = +23°23'51" dan e = $-00^{j}\ 02^{m}\ 29^{d}$.

3. Tentukan sudut waktu Matahari (t⊙) prakiraan (*taqriby*) saat terbenam dengan rumus:

Cos t⊙= sin h⊙÷ cos φ^{x} ÷ cos δ⊙– tan φ^{x} × tan δ⊙
Cos t⊙= sin -1°7'9.26" ÷ cos -2°19'24.51" ÷ cos 23°23'51" – tan -2°19'24.51" × tan 23°23'51"
t⊙= 90°12'52.49" ÷ 15
= $+6^{j}\ 00^{m}\ 51.49^{d}$

4. Terbenam Matahari

= pk. 12 + ($+6^{j}\ 00^{m}\ 51.4^{d}$)
= pk. 18:00:51.4 WH – e + (BT^{d} –BT^{x}) ÷ 15
= pk. 18:00:51.4 – ($-00^{j}\ 02^{m}29^{d}$) + (105°–106° 01'22.42") ÷ 15
= pk. 17:59:15 WIB.

5. Tentukan deklinasi Matahari (δ⊙) dan *equation of time* (e) pada tanggal 29 Ramadhan 1438 H/24 Juni 2017. Saat ghurub di Pondok Pesantren Bahrul Huda Bangka Belitung yang sesungguhnya (*haqiqi*), yaitu pk. 17:59:15 WIB dengan melakukan interpolasi sebagai berikut:

6. Deklinasi Matahari (δ⊙) pk. 17:59:15 WIB. dengan rumus :

$\delta\odot = \delta\odot^{1} + k\ (\delta\odot^{2} - \delta\odot^{1})$
$\delta\odot^{1}$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = +23°23'55"
$\delta\odot^{2}$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = +23°23'51"
k (selisih waktu) = $00^{j}\ 59^{m}11^{d}$
δ⊙= 23°23'55" + $00^{j}\ 59^{m}11^{d}$ × (23°23'51" – 23°23'55")
= 23°23'51,05"

7. *Equation of Time* (e) pk. 17:59:15 WIB. dengan rumus:

   e = e^1 + k (e^2 - e^1)
   e^1 (pk. 17 WIB/10 GMT) = $-00^j\ 02^m\ 28^d$
   e^2 (pk. 18 WIB/11 GMT) = $-00^j\ 02^m\ 29^d$
   k (selisih waktu) = $00^j\ 59^m\ 15^d$
   e = $-00^j\ 02^m\ 28^d + 00^j\ 59^m\ 15^d \times (-00^j\ 02^m\ 29^d - (-00^j\ 02^m\ 28^d))$
   = $-00^j\ 02^m\ 28{,}99^d$

8. Tentukan sudut waktu Matahari (t⊙) sesungguhnya (*haqiqi*), saat terbenam dengan rumus:

   Cos t⊙= sin h⊙÷ cos φ^x ÷ cos δ⊙– tan φ^x × tan δ⊙
   Cos t⊙= sin -1°7'9.26" ÷ cos -2°19'24.51" ÷ cos 23° 23'51.05"
   – tan -2°19'24.51" × tan 23°23'51.05"
   t⊙= 90°12'52.4" ÷ 15
   = $+6^j\ 00^m\ 51.49^d$

9. Terbenam Matahari

   = pk. 12 + ($+6^j\ 00^m\ 51.49^d$)
   = pk. 18:00:51.4 WH – e + (BT^d –BT^x)
   = pk. 18:00:51.4 – ($-00^j\ 02^m 28{,}99^d$) + (105°–106°01'22.42")
   = pk. 17: 59:15 WIB.

e. Menghitung Azimuth Matahari (Az⊙) saat ghurub pk. 17: 59:15 WIB (pk. 10:59:15 GMT) dengan rumus:

   Cot A⊙ = tan δ⊙× cos φ^x ÷ sin t⊙**– sin φ^x ÷ tan** t⊙
   Cot A⊙ = tan 23°23'51.05" × cos -2°19'24.51" ÷ sin 90°12' 52.4"
   – sin -2°19'24.51" ÷ tan 90°12'52.4"
   A⊙ = 66°37'36.62" (UB)/24°37'36.62" SB
   Azimuth Matahari (Az⊙) = 360° – 66°37'36.62"
   = 293°22'23.3" (UTSB)

f. Menentukan *Right Ascension* Matahari (ARA⊙) pk. 17:59:15 WIB (pk. 10:59:15 GMT) dengan rumus interpolasi sebagai berikut:

   ARA⊙= ARA$\odot^1$ + k (ARA$\odot^2$ – ARA$\odot^1$)
   ARA$\odot^1$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = 93°21'42"
   ARA$\odot^2$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = 93°24'18"
   k (selisih waktu) = $00^j\ 59^m\ 5^d$

ARA ☉= 93°21'42" + 00^j 59^m 15^d × (93°24'18" – 93°21'42")
= 93°24'16.05"

g. Menentukan *Right Ascension* Bulan ($ARA_($) pk. 17:59:15 WIB (pk. 10:59:15 GMT) dengan rumus interpolasi sebagai berikut:

$ARA_($ = $ARA_(^1$ + k ($ARA_(^2$ – $ARA_(^1$)
$ARA_(^1$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = 97°56'30"
$ARA_(^2$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = 98°36'37"
k (selisih waktu) = 00^j $59^m$$15^d$
$ARA_($ = 97°56'30" + 00^j 35^m 51^d × (98°36'37"– 97°56'30")
= 98°36'06.91"

h. Menentukan Sudut Waktu Bulan ($t_($) pk. 17:59:15 WIB (pk. 10:59:15 GMT) dengan rumus sebagai berikut:

$t_($ = ARA☉+ t☉– $ARA_($
= 93°24'16.05" + 90^o 12' 52.4" – 98°36'06.91"
= 85°01' 01.54"

i. Menentukan deklinasi Bulan ($\delta_($) pk. 17:59:15 WIB (pk. 10:59:15 GMT) dengan menggunakan rumus interpolasi sebagai berikut:

$\delta_($ = $\delta_(^1$ + k ($\delta_(^2$ – $\delta_(^1$)
$\delta_(^1$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = 19°26'13"
$\delta_(^2$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = 19°26'19"
k (selisih waktu) = 00^j 59^m 15^d.
$\delta_($ = 19°26'13" + 00^j 35^m 51^d × (19°26'19" – 19°26'13")
= 19°26'18.92"

j. Menentukan Tinggi Bulan Hakiki ($h_($) dengan menggunakan rumus:

Sin h'$_($ = sin φ^x × sin $\delta_($ + cos φ^x × cos $\delta_($ × cos $t_($
Sin h'$_($ = sin –2°19'24.51" × sin 19°26'18.92" + cos –2°19'24.51" × cos 19°26'18.92" × cos 85°01'01.54"
h'$_($ = **+03°55'08.83"** (tinggi Hilal hakiki)

k. Koreksi-koreksi yang diperlukan untuk memperoleh Tinggi Hilal Mar'i ($h_($):

1. Parallaks (Par), digunakan untuk mengurangi tinggi Hilal hakiki.

Untuk mendapatkan Parallaks (Par) harus melalui tahapan sebagai berikut:

c. Menentukan *Horizontal Parallax* (HP) saat ghurub, dengan rumus interpolasi sebagai berikut:

$HP = HP^1 + k\ (HP^2 - HP^1)$
$HP_{(}^{1}$ (pk. 17 WIB/10 GMT) = 1°01'06"
$HP_{(}^{2}$ (pk. 18 WIB/11 GMT) = 1°01'05"
k (selisih waktu) = $00^j\ 59^m 15^d$
HP = 1°01'06" + $00^j\ 59^m 15^d$ × (1°01'05" – 1°01'06")
= 1° 01' 06.01"

d. Parallaks (Par) = HP cos $h_{(}$
= 1°01'06.01" × cos **03°55'08.83"**
= 1°00'57.44"

2. Semi diameter (s.d) Bulan tidak perlu diperhitungkan karena yang memantulkan cahaya bukan bagian atas, melainkan kadang kala busur bagian bawah kanan, kadang kala bawah kiri dan kadang kala busur bagian bawah tepat. Dalam hal ini adalah bagian bawah kanan.

3. Refraksi (Ref), digunakan untuk menambah tinggi Hilal hakiki, dan untuk mendapatkan refraksi dapat digunakan rumus Refraksi diperoleh dengan rumus = 0.0167 ÷ tan (h + 7,31 ÷ (h + 4,4))
0.0167 ÷ tan **(03°55'08.83"** +7,31 ÷ **(03°55'08.83"** + 4,4))
= **00°11'56.28"**

l. Kerendahan ufuk (ku / dip), digunakan untuk menambah tinggi Hilal hakiki. Dan untuk mendapatkannya dapat digunakan rumus:

ku / dip = 0° 1',76 √ h
= 0° 1'.76 √ 95 m
= 0°17'09,26"

m. Menentukan tinggi Hilal Mar'i ($h'_{(}$), dengan rumus:

$h_{(}$ = $h_{(}$ – Par + Ref + ku

= **03°55'08.83"** –1°00'57.44"+ **00°11'56.28"**+ 0°17' 09.26"
= **+03° 23'16.93"**

n. Azimuth Hilal ($Az_{(}$) dapat diperoleh denga rumus:

Cot $A_{(}$ = tan $\delta_{(} \times$ cos $\varphi^x \div$ sin $t_{(}$ – sin $\varphi^x \div$ tan $t_{(}$

Cot $A_{(}$ = tan 19°26'18.92" × cos -2°19'24.51" ÷ sin 85°01'01.54"
– sin -2°19'24.51" ÷ tan 85°01'01.54"
$Az_{(}$ = 70°19' 41.8" (UB)/ 250°19' 41.8" (SB)

o. Posisi Hilal (P) dapat diperoleh dengan rumus:

$P_{(}$ = $Az_{(}$ – Az⊙
= 289°40'18.2" – 293°22'23.3"
= –03° 42' 5.1" (sebelah selatan Matahari terbenam)

p. Menetukan Elongasi Bulan Hakiki ($E_{(}$) dapat diperoleh dengan rumus:

Cos $E_{(}$ = sin h⊙× sin $h_{(}$ + cos $h_{(}$ × cos $h_{(}$ × cos $P_{(}$
Cos $E_{(}$ = sin -1°7'9.26" × sin 03°55'08.83" + cos -1°7'9.26" × cos 03°55'08.83" × cos 03°42'5.1"
= 06°16'1.72"

q. Menetukan Elongasi Bulan Mar'i ($E'_{(}$) dapat diperoleh dengan rumus:

Cos $E_{(}$ = sin h⊙× sin $h'_{(}$ + cos $h_{(}$ × cos $h'_{(}$ × cos $P_{(}$
Cos $E_{(}$ = sin -1°7'9.26" × sin **03°23'16.93"** + cos -1°7'9.26" × cos **03°23'16.93"** × cos 03°42'5.1"
= 05°49'52.55"

r. Cahaya Hilal dapat diperoleh dengan rumus:

Cahaya Hilal = PI^1 + k × (PI^2 – PI^1)
PI^1 (pk. 17 WIB/10 GMT)= 0.00258
PI^2 (pk. 18 WIB/11 GMT)= 0.00299
k (selisih waktu) = $00^j\ 59^m\ 15^d$.
Cahaya Hilal = 0.00258+$00^j59^m15^d$ × (0.00299–0.00258)
= 0.0029848 (0.298 %)

KESIMPULAN:

Akhir Ramadhan 1438 H di Pondok Pesantren Bahrul Huda dengan sistem Ephemeris sebagai berikut:

1. Berarti IJTIMA' akhir Ramadhan 1438 H. terjadi hari Sabtu Kliwon, tanggal 24 Juni 2017 M. pk. 09:33:12,31. WIB
2. Matahari Terbenam = 17:59:15 WIB
3. Hilal Terbenam = 18:12:48.13 WIB
4. Umur Bulan = 08:26:2.87
5. Azimuth Matahari = 293°22'23.3"
6. Azimuh Bulan = 289°40'18.2"
7. Tinggi Matahari = –1° 7' 9.26"
8. Tinggi Hilal Hakiki = +03°55'08.83"
9. Tinggi Hilal mar'i = +03° 23'16.93"
10. Posisi Hilal = -03° 42' 5.1" (selatan Matahari).
11. Cahaya Hilal = 0.298 %
12. Elongasi Hilal Hakiki = **06°15'1.75"**
13. Elongasi Hilal Mar'i = **05°49'52.55"**

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	91° 44' 28"	-0.87"	91° 53' 19"	23° 25' 23"	1.0163821	15'44.16"	23° 26' 05"	-2 m 10 s
1	91° 46' 52"	-0.87"	91° 55' 55"	23° 25' 21"	1.0163845	15'44.16"	23° 26' 05"	-2 m 11 s
2	91° 49' 15"	-0.87"	91° 58' 31"	23° 25' 19"	1.0163869	15'44.16"	23° 26' 05"	-2 m 11 s
3	91° 51' 38"	-0.87"	92° 01' 07"	23° 25' 17"	1.0163894	15'44.16"	23° 26' 05"	-2 m 12 s
4	91° 54' 01"	-0.86"	92° 03' 43"	23° 25' 15"	1.0163918	15'44.15"	23° 26' 05"	-2 m 12 s
5	91° 56' 24"	-0.86"	92° 06' 19"	23° 25' 13"	1.0163942	15'44.15"	23° 26' 05"	-2 m 13 s
6	91° 58' 47"	-0.86"	92° 08' 55"	23° 25' 11"	1.0163966	15'44.15"	23° 26' 05"	-2 m 13 s
7	92° 01' 10"	-0.86"	92° 11' 31"	23° 25' 09"	1.0163989	15'44.15"	23° 26' 05"	-2 m 14 s
8	92° 03' 34"	-0.86"	92° 14' 07"	23° 25' 07"	1.0164013	15'44.14"	23° 26' 05"	-2 m 14 s
9	92° 05' 57"	-0.85"	92° 16' 43"	23° 25' 04"	1.0164037	15'44.14"	23° 26' 05"	-2 m 15 s
10	92° 08' 20"	-0.85"	92° 19' 19"	23° 25' 02"	1.0164060	15'44.14"	23° 26' 05"	-2 m 15 s
11	92° 10' 43"	-0.85"	92° 21' 55"	23° 24' 60"	1.0164083	15'44.14"	23° 26' 05"	-2 m 16 s
12	92° 13' 06"	-0.85"	92° 24' 31"	23° 24' 57"	1.0164107	15'44.14"	23° 26' 05"	-2 m 17 s
13	92° 15' 29"	-0.84"	92° 27' 07"	23° 24' 55"	1.0164130	15'44.13"	23° 26' 05"	-2 m 17 s
14	92° 17' 53"	-0.84"	92° 29' 43"	23° 24' 53"	1.0164153	15'44.13"	23° 26' 05"	-2 m 18 s
15	92° 20' 16"	-0.84"	92° 32' 19"	23° 24' 50"	1.0164176	15'44.13"	23° 26' 05"	-2 m 18 s
16	92° 22' 39"	-0.84"	92° 34' 55"	23° 24' 48"	1.0164198	15'44.13"	23° 26' 05"	-2 m 19 s
17	92° 25' 02"	-0.83"	92° 37' 31"	23° 24' 45"	1.0164221	15'44.13"	23° 26' 05"	-2 m 19 s
18	92° 27' 25"	-0.83"	92° 40' 07"	23° 24' 42"	1.0164244	15'44.12"	23° 26' 05"	-2 m 20 s
19	92° 29' 48"	-0.83"	92° 42' 43"	23° 24' 40"	1.0164266	15'44.12"	23° 26' 05"	-2 m 20 s
20	92° 32' 12"	-0.82"	92° 45' 19"	23° 24' 37"	1.0164289	15'44.12"	23° 26' 05"	-2 m 21 s
21	92° 34' 35"	-0.82"	92° 47' 55"	23° 24' 34"	1.0164311	15'44.12"	23° 26' 05"	-2 m 21 s
22	92° 36' 58"	-0.82"	92° 50' 31"	23° 24' 31"	1.0164333	15'44.12"	23° 26' 05"	-2 m 22 s
23	92° 39' 21"	-0.81"	92° 53' 07"	23° 24' 29"	1.0164355	15'44.11"	23° 26' 05"	-2 m 22 s
24	92° 41' 44"	-0.81"	92° 55' 43"	23° 24' 26"	1.0164377	15'44.11"	23° 26' 05"	-2 m 23 s

*) for mean equinox of date

Data Matahari tanggal 23 Juni 2017 (Ephimeris)

DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	75° 56' 49"	-4° 46' 39"	75° 15' 54"	17° 56' 29"	1° 01' 14"	16' 41.09"	67° 46' 18"	0.02066
1	76° 34' 53"	-4° 45' 28"	75° 55' 29"	18° 01' 26"	1° 01' 14"	16' 41.19"	67° 27' 30"	0.01925
2	77° 12' 59"	-4° 44' 14"	76° 35' 06"	18° 06' 15"	1° 01' 14"	16' 41.27"	67° 6' 23"	0.01790
3	77° 51' 04"	-4° 42' 58"	77° 14' 46"	18° 10' 57"	1° 01' 15"	16' 41.35"	66° 42' 43"	0.01660
4	78° 29' 10"	-4° 41' 40"	77° 54' 29"	18° 15' 30"	1° 01' 15"	16' 41.42"	66° 16' 11"	0.01535
5	79° 07' 16"	-4° 40' 20"	78° 34' 14"	18° 19' 55"	1° 01' 15"	16' 41.47"	65° 46' 26"	0.01416
6	79° 45' 22"	-4° 38' 58"	79° 14' 01"	18° 24' 11"	1° 01' 15"	16' 41.52"	65° 13' 01"	0.01301
7	80° 23' 29"	-4° 37' 34"	79° 53' 51"	18° 28' 20"	1° 01' 15"	16' 41.56"	64° 35' 29"	0.01192
8	81° 01' 35"	-4° 36' 08"	80° 33' 42"	18° 32' 20"	1° 01' 16"	16' 41.59"	63° 53' 15"	0.01088
9	81° 39' 42"	-4° 34' 40"	81° 13' 36"	18° 36' 12"	1° 01' 16"	16' 41.62"	63° 5' 39"	0.00990
10	82° 17' 48"	-4° 33' 09"	81° 53' 31"	18° 39' 56"	1° 01' 16"	16' 41.63"	62° 11' 53"	0.00896
11	82° 55' 54"	-4° 31' 37"	82° 33' 29"	18° 43' 31"	1° 01' 16"	16' 41.63"	61° 10' 60"	0.00808
12	83° 34' 01"	-4° 30' 03"	83° 13' 28"	18° 46' 58"	1° 01' 16"	16' 41.63"	60° 1' 52"	0.00725
13	84° 12' 07"	-4° 28' 26"	83° 53' 28"	18° 50' 16"	1° 01' 16"	16' 41.61"	58° 43' 08"	0.00648
14	84° 50' 13"	-4° 26' 48"	84° 33' 31"	18° 53' 26"	1° 01' 16"	16' 41.59"	57° 13' 09"	0.00576
15	85° 28' 18"	-4° 25' 08"	85° 13' 34"	18° 56' 27"	1° 01' 15"	16' 41.55"	55° 29' 55"	0.00509
16	86° 06' 23"	-4° 23' 25"	85° 53' 39"	18° 59' 20"	1° 01' 15"	16' 41.51"	53° 31' 03"	0.00447
17	86° 44' 28"	-4° 21' 41"	86° 33' 45"	19° 02' 04"	1° 01' 15"	16' 41.46"	51° 13' 37"	0.00391
18	87° 22' 33"	-4° 19' 55"	87° 13' 52"	19° 04' 39"	1° 01' 15"	16' 41.40"	48° 34' 09"	0.00341
19	88° 00' 37"	-4° 18' 07"	87° 53' 60"	19° 07' 06"	1° 01' 15"	16' 41.33"	45° 28' 31"	0.00295
20	88° 38' 40"	-4° 16' 17"	88° 34' 09"	19° 09' 23"	1° 01' 14"	16' 41.25"	41° 51' 57"	0.00255
21	89° 16' 43"	-4° 14' 25"	89° 14' 18"	19° 11' 33"	1° 01' 14"	16' 41.16"	37° 39' 16"	0.00221
22	89° 54' 46"	-4° 12' 32"	89° 54' 28"	19° 13' 33"	1° 01' 14"	16' 41.06"	32° 45' 17"	0.00191
23	90° 32' 48"	-4° 10' 36"	90° 34' 39"	19° 15' 25"	1° 01' 13"	16' 40.96"	27° 5' 44"	0.00167
24	91° 10' 49"	-4° 08' 39"	91° 14' 50"	19° 17' 08"	1° 01' 13"	16' 40.84"	20° 38' 55"	0.00149

Data Bulan tanggal 23 Juni 2017 (Ephimeris)

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	92° 41' 44"	-0.81"	92° 55' 43"	23° 24' 26"	1.0164377	15'44.11"	23° 26' 05"	-2 m 23 s
1	92° 44' 07"	-0.81"	92° 58' 19"	23° 24' 23"	1.0164399	15'44.11"	23° 26' 05"	-2 m 23 s
2	92° 46' 30"	-0.81"	93° 00' 55"	23° 24' 20"	1.0164420	15'44.11"	23° 26' 05"	-2 m 24 s
3	92° 48' 54"	-0.80"	93° 03' 31"	23° 24' 17"	1.0164442	15'44.10"	23° 26' 05"	-2 m 25 s
4	92° 51' 17"	-0.80"	93° 06' 06"	23° 24' 14"	1.0164464	15'44.10"	23° 26' 05"	-2 m 25 s
5	92° 53' 40"	-0.80"	93° 08' 42"	23° 24' 11"	1.0164485	15'44.10"	23° 26' 05"	-2 m 26 s
6	92° 56' 03"	-0.79"	93° 11' 18"	23° 24' 08"	1.0164506	15'44.10"	23° 26' 05"	-2 m 26 s
7	92° 58' 26"	-0.79"	93° 13' 54"	23° 24' 04"	1.0164527	15'44.10"	23° 26' 05"	-2 m 27 s
8	93° 00' 49"	-0.79"	93° 16' 30"	23° 24' 01"	1.0164548	15'44.10"	23° 26' 05"	-2 m 27 s
9	93° 03' 12"	-0.78"	93° 19' 06"	23° 23' 58"	1.0164569	15'44.09"	23° 26' 05"	-2 m 28 s
10	93° 05' 36"	-0.78"	93° 21' 42"	23° 23' 55"	1.0164590	15'44.09"	23° 26' 05"	-2 m 28 s
11	93° 07' 59"	-0.77"	93° 24' 18"	23° 23' 51"	1.0164611	15'44.09"	23° 26' 05"	-2 m 29 s
12	93° 10' 22"	-0.77"	93° 26' 54"	23° 23' 48"	1.0164632	15'44.09"	23° 26' 05"	-2 m 29 s
13	93° 12' 45"	-0.77"	93° 29' 30"	23° 23' 44"	1.0164652	15'44.09"	23° 26' 05"	-2 m 30 s
14	93° 15' 08"	-0.76"	93° 32' 06"	23° 23' 41"	1.0164673	15'44.08"	23° 26' 05"	-2 m 30 s
15	93° 17' 31"	-0.76"	93° 34' 42"	23° 23' 37"	1.0164693	15'44.08"	23° 26' 05"	-2 m 31 s
16	93° 19' 55"	-0.76"	93° 37' 18"	23° 23' 34"	1.0164713	15'44.08"	23° 26' 05"	-2 m 32 s
17	93° 22' 18"	-0.75"	93° 39' 54"	23° 23' 30"	1.0164733	15'44.08"	23° 26' 05"	-2 m 32 s
18	93° 24' 41"	-0.75"	93° 42' 30"	23° 23' 26"	1.0164753	15'44.08"	23° 26' 05"	-2 m 33 s
19	93° 27' 04"	-0.74"	93° 45' 05"	23° 23' 23"	1.0164773	15'44.07"	23° 26' 05"	-2 m 33 s
20	93° 29' 27"	-0.74"	93° 47' 41"	23° 23' 19"	1.0164793	15'44.07"	23° 26' 05"	-2 m 34 s
21	93° 31' 50"	-0.74"	93° 50' 17"	23° 23' 15"	1.0164812	15'44.07"	23° 26' 05"	-2 m 34 s
22	93° 34' 13"	-0.73"	93° 52' 53"	23° 23' 11"	1.0164832	15'44.07"	23° 26' 05"	-2 m 35 s
23	93° 36' 36"	-0.73"	93° 55' 29"	23° 23' 08"	1.0164851	15'44.07"	23° 26' 05"	-2 m 35 s
24	93° 38' 60"	-0.72"	93° 58' 05"	23° 23' 04"	1.0164871	15'44.07"	23° 26' 05"	-2 m 36 s

*) for mean equinox of date

Data Matahari tanggal 24 Juni 2017 (Ephimeris)

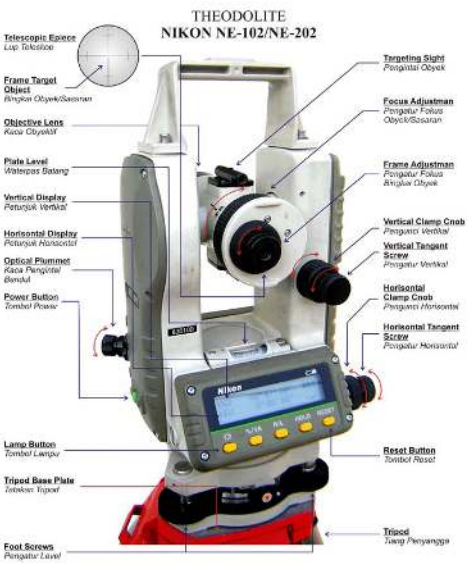
DATA BULAN

Jam	Apparent Longitude	Apparent Latitude	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	Horizontal Parallax	Semi Diameter	Angle Bright Limb	Fraction Illumination
0	91° 10' 49"	-4° 08' 39"	91° 14' 50"	19° 17' 08"	1° 01' 13"	16' 40.84"	20° 38' 55"	0.00149
1	91° 48' 49"	-4° 06' 39"	91° 55' 01"	19° 18' 42"	1° 01' 12"	16' 40.71"	13° 27' 41"	0.00136
2	92° 26' 49"	-4° 04' 38"	92° 35' 12"	19° 20' 07"	1° 01' 12"	16' 40.58"	5° 41' 19"	0.00128
3	93° 04' 47"	-4° 02' 36"	93° 15' 23"	19° 21' 24"	1° 01' 11"	16' 40.44"	357° 35' 47"	0.00126
4	93° 42' 45"	-4° 00' 31"	93° 55' 34"	19° 22' 32"	1° 01' 11"	16' 40.28"	349° 31' 21"	0.00129
5	94° 20' 41"	-3° 58' 25"	94° 35' 43"	19° 23' 30"	1° 01' 10"	16' 40.12"	341° 48' 28"	0.00137
6	94° 58' 37"	-3° 56' 17"	95° 15' 54"	19° 24' 20"	1° 01' 10"	16' 39.95"	334° 41' 37"	0.00150
7	95° 36' 32"	-3° 54' 08"	95° 56' 04"	19° 25' 02"	1° 01' 09"	16' 39.77"	328° 19' 48"	0.00169
8	96° 14' 26"	-3° 51' 56"	96° 36' 13"	19° 25' 34"	1° 01' 08"	16' 39.58"	322° 45' 16"	0.00194
9	96° 52' 18"	-3° 49' 43"	97° 16' 22"	19° 25' 58"	1° 01' 07"	16' 39.38"	317° 55' 57"	0.00223
10	97° 30' 10"	-3° 47' 29"	97° 56' 30"	19° 26' 13"	1° 01' 07"	16' 39.18"	313° 47' 27"	0.00258
11	98° 08' 01"	-3° 45' 12"	98° 36' 37"	19° 26' 19"	1° 01' 06"	16' 38.96"	310° 14' 33"	0.00299
12	98° 45' 50"	-3° 42' 54"	99° 16' 43"	19° 26' 16"	1° 01' 05"	16' 38.74"	307° 12' 03"	0.00344
13	99° 23' 38"	-3° 40' 35"	99° 56' 47"	19° 26' 04"	1° 01' 04"	16' 38.51"	304° 35' 18"	0.00395
14	100° 01' 25"	-3° 38' 14"	100° 36' 51"	19° 25' 44"	1° 01' 03"	16' 38.27"	302° 20' 13"	0.00451
15	100° 39' 10"	-3° 35' 52"	101° 16' 52"	19° 25' 15"	1° 01' 02"	16' 38.02"	300° 23' 23"	0.00512
16	101° 16' 54"	-3° 33' 28"	101° 56' 53"	19° 24' 37"	1° 01' 02"	16' 37.76"	298° 41' 56"	0.00579
17	101° 54' 37"	-3° 31' 02"	102° 36' 52"	19° 23' 51"	1° 01' 01"	16' 37.49"	297° 13' 32"	0.00650
18	102° 32' 18"	-3° 28' 35"	103° 16' 49"	19° 22' 56"	1° 00' 60"	16' 37.21"	295° 56' 13"	0.00727
19	103° 09' 58"	-3° 26' 07"	103° 56' 44"	19° 21' 52"	1° 00' 58"	16' 36.93"	294° 48' 23"	0.00809
20	103° 47' 36"	-3° 23' 37"	104° 36' 37"	19° 20' 39"	1° 00' 57"	16' 36.64"	293° 48' 41"	0.00897
21	104° 25' 12"	-3° 21' 06"	105° 16' 28"	19° 19' 18"	1° 00' 56"	16' 36.34"	292° 56' 01"	0.00989
22	105° 02' 47"	-3° 18' 34"	105° 56' 17"	19° 17' 49"	1° 00' 55"	16' 36.03"	292° 9' 26"	0.01087
23	105° 40' 20"	-3° 15' 60"	106° 36' 03"	19° 16' 11"	1° 00' 54"	16' 35.71"	291° 28' 11"	0.01189
24	106° 17' 52"	-3° 13' 25"	107° 15' 47"	19° 14' 24"	1° 00' 53"	16' 35.39"	290° 51' 35"	0.01297

Data Bulan tanggal 24 Juni 2017 (Ephimeris)

BAB 11

MENENTUKAN ARAH KIBLAT DENGAN THEODOLITE



Gambar; 1. Fungsi-fungsi theodolite

Theodolite adalah alat ukur semacam teropong yang dilengkapi dengan lensa, angka-angka yang menunjukkan arah (*azimuth*), serta ketinggian (*altitude)* dalam derajat.. Adapun langkah-langkah yang diperlukan untuk menentukan Azimuth bintang maupun azimuth kiblat berdasarkan posisi Matahari dengan alat bantu theodolite antara lain:

A. Data-data yang diperlukan:

1. Lintang dan bujur tempat yang akan dijadikan markas dalam perhitungan. Untuk mendapatkan data tersebut bisa menggunakan GPS (*Global Position System*).
2. Jam (waktu) yang dijadikan acuan harus benar dan tepat. Untuk memperoleh waktu yang tepat:
   a. *Global Position System* (GPS)
   b. Bisa akses lewat Web. BMKG (jam BMKG)
3. Data ephemeri (data astronomis pada hari, jam yang akan di hitung)
4. Persiapkan hasil perhitungan untuk arah dan azimuth Kiblat, Bulan, dan Bintang.
5. Persiapkan hasil perhitungan untuk arah dan azimuth Matahari.

B. Rumus Menghitung *Altitude* (tinggi) Matahari atau benda langit.

Rumus yang digunakan untuk menghitung tinggi Matahari atau benda langit lainnya adalah sebagaimana rumus untuk menghitung tinggi Bulan, yaitu:

$$\mathbf{Sin\ h = sin\ \varphi\ sin\ \delta\odot + cos\ \varphi\ cos\ \delta\odot\ cos\ t}$$

h adalah altitude / tinggi (*irtifa'*) benda langit yang dicari.

ϕ adalah garis lintang (*'ardhul bilad*) yang dijadikan markaz perhitungan.

δ adalah deklinasi (*mail*) benda langit.

t adalah sudut waktu (*fadhlud-dair*) benda langit.

C. Rumus Menghitung Azimuth Matahari, Kiblat, Bulan dan Bintang.

Rumus yang digunakan untuk menghitung Azimuth Matahari ataupun benda langit lainnya adalah sebagaimana rumus yang digunakan untuk menghitung azimuth hilal dan azimuth kiblat, yaitu dengan menggunakan rumus:

$$\text{Cot A} = \tan \delta\odot \times \cos \phi \div \sin t - \sin \phi \div \tan t$$

Keterangan:

A: adalah arah Matahari dari titik utara atau selatan. Jika hasil perhitungan positif arah Matahari terhitung dari titik utara, jika hasil perhitungan negatip terhitung dari titik selatan.

δ: adalah deklinasi (*mail*) benda langit.

ϕ: adalah garis lintang (*'ardhul bilad*) yang dijadikan markaz perhitungan.

t: adalah sudut waktu (*fadhlud-dair*) benda langit.

D. Menetapkan Azimuth Matahari

Azimuth yang dimulai dari titik Utara 0° ke arah Timur, berarti titik Timur azimuth-nya 90°, titik Selatan azimuthnya 180°, titik Barat azimuthnya 270°, dan berakhir di titik Utara 360°.

Dalam menetapkan azimuth Matahari, maka cukup memperhatikan arah Matahari (A) dari hasil perhitungan di atas.

1. Jika arah Matahari (A) = UT (Utara Timur), maka azimuth Matahari = A (tetap).
2. Jika arah Matahari (A) = UB (Utara Barat), maka azimuth Matahari = 360° – A.
3. Jika arah Matahari (A) = ST (Selatan Timut), maka azimuth Matahari = 180° – A (setelah dipositipkan).
4. Jika arah Matahari (A) = SB (Selatan Barat), maka azimuth Matahari = 180° + A (setelah dipositipkan).

E. Rumus menghitung sudut waktu Matahari

Untuk mendapatkan sudut waktu Matahari, maka dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$WH = WD + e - (BT^{d} - BT^{x}) \div 15 - 12 \times 15$$

Keterangan:

WH adalah singkatan dari Waktu Hakiki, yaitu waktu yang didasarkan kepada peredaran Matahari hakiki, yakni ketika Matahari zawal (di miridian waktu hakiki ditetapkan pukul 12.

WD adalah singkatan dari Waktu Daerah, yaitu WIB (Waktu Indonesia Barat), WITA (Waktu Indonesia Tengah), dan WIT (Waktu Indonesia Timur).

e adalah singkatan dari *Equation of Time*, atau biasa disebut perata waktu atau *daqaiq ta'dil al-zaman*.

BT^{d} adalah singkatan dari BT Daerah yaitu: untuk WIB = 105°, WITA = 120°dan WIT = 135°.

F. Contoh Menetukan Arah Kiblat Dengan Theodelite di Masjid Agung Magelang. Adapan data yang diperlukan:

Masjid Agung Magelang terletak Koordinat pada:

Bujur (λ^x) = 110°13'0.90" BT

Lintang (ϕ^x) = -7°28'37.49"LS[127]

Bujur Ka'bah (λ^k) = 39°49'34.33" (BT)

Lintang Ka'bah (ϕ^k) = +21°25'21.04" (LU)

C = 110°13'0.90" – 39°49'34.33"

= 70°23'26.57" (Barat)

Rumus:

Cot B = cos φ^x × tanφ^k ÷ sin C – sin φ^x ÷ tan C

Cot B = cos -7°28'37.49" × tan 21°25'21.04" ÷ sin 70°23'26.57"– sin -7°28'37.49"÷ tan 70°23'26.57"

B (arah Kiblat) Masjid Agung Magelang

= 65°19'46.31" (UB)

¤ Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator

1. Model I

   Shift Tan (Cos (-)7°28'37.49" × tan 21°25'21.04" ÷ Sin 70°23'26.57" – Sin (-)7°28'37.49" ÷ Tan 70°23'26.57") X^{-1} = Shift °'"

2. Model II

   Shift Tan (Cos 7°28'37.49 +/- × Tan 21°25'21.04" ÷ Sin 70°23'26.57" – Sin 7°28'37.49 +/- ÷ Tan 70°23'26.57") Shift 1/X = Shift °'"

127 Diambil dari Google Earth, 31 Maret 2017, ditas kubah M.

3. Model III

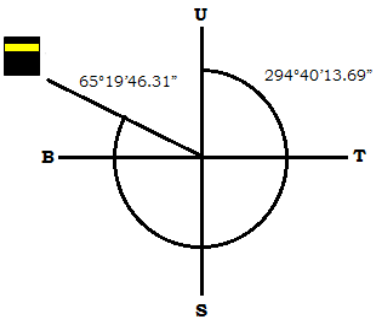
   7°28'37.49+/-Cos×21°25'21.04"Tan÷70°23'26.57" Sin – 7°28'37.49 +/- Sin ÷ 70°23'26.57" Tan = Shift 1/X Shift Tan Shift °'"

4. Model IV

   7.283749 +/- DEG Cos × 21.252104 DEG Tan ÷ 70.232657 DEG Sin – 7.283749 +/ DEG Sin ÷ 70.232657 DEG Tan = 2Ndf 1/X 2Ndf Tan 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Tan (Cos ((-)7°28'37.49") × tan (21°25'21.04") ÷ Sin (70°23'26.57") – Sin ((-)7°28'37.49") ÷ Tan (70°23'26.57")) X^{-1}) = Shift °'"



Gambar; 2. Ilustrasi Arah kiblat di ukur dari titik Utara (UTSB)

Karena B (arah Kiblat) Masjid Agung Magelang adalah UB (Utara Barat), maka azimuth Kiblat Masjid Agung Magelang adalah 360° –B =360 – 65°19'46.31" = **294°40'13.69" (UTSB)**

Siapkan data untuk menghitung Sudut Waktu Matahari dan Utara Sejati Pada tanggal 2 April 2017 M., jam 9:15:15 WIB (jam 2:15:15 GMT). Untuk mendapatkan δ^m dan e

pada jam tersebut dengan melakukan interpolasi, dengan menggunakan rumus:

$$A = B + D \times (C - B)$$

Keterangan:

A adalah yang dicari (jam 9:15:15WIB)

B adalah $\delta\odot$ atau e pada jam 9 WIB (2 GMT)

C adalah $\delta\odot$atau e pada jam 10 WIB (3 GMT)

D adalah menit detik kelebihan dari jam 9 (0:15:15)

Data deklinasi Matahari diambil dari buku ephemeris hisab rukyat 2017 pada tanggal 2 April 2017 pada jam 9 dan jam 10 (2 dan 3 GMT)

$\delta\odot$jam 8 WIB (1GMT) = 4°56'48"

$\delta\odot$jam 10 WIB (1GMT) = 4°57'46"

$d = 0^j\ 15^m\ 15^d$

$\delta\odot = \delta\odot^1 + d \times (\delta\odot^2 - \delta\odot^1)$

$= 4°56'48" + 0^j\ 15^m\ 15^d \times (4°57'46" - 4°56'48")$

$\delta\odot = 4°57>02.74»$

Data *equation of time* Matahari diambil dari buku ephemeris hisab rukyat 2017 pada tanggal 2 April 2017 jam 9 dan jam 10 (2 dan 3 GMT).

e jam 8 WIB (1 GMT) $= -0^j\ 3^m\ 37^d$

e jam 9 WIB (2 GMT) $= -0^j\ 3^m\ 36^d$

$d = 0^j\ 15^m\ 15^d$

$e = e^1 + d \times (e^2 - e^1)$

$= -0^j\ 3^m\ 37^d + 0^j\ 15^m\ 15^d \times (-0^j\ 3^m\ 36^d - (-0^j\ 3^m\ 37^d))$

$e = -0^j\ 3^m\ 36.75^d$

G. Menghitung sudut waktu Matahari (t)

Rumus :

$$WH = (WD + e - (BT^{d} - BT^{x}) \div 15 - 12) \times 15$$

Penyelesaiannya:

$WH = (09{:}15{:}15 + (-0^{j}\ 3^{m}\ 36.75^{d}) - (105° - 110°13'0.90") \div 15 - 12) \times 15$

Berarti: t = -36° 52' 25.29" S (Abs)

H. Menghitung *altitude* / tinggi (h) Matahari

Rumus:

$$\textbf{Sin h} = \sin \phi \times \sin \delta\odot + \cos \phi \times \cos \delta\odot \times \cos t$$

Penyelesaiannya:

Sin h = sin -7°28'37.49" × sin 4°57'02.74" + cos -7°28'37.49" × cos 4°57'02.74" × cos 36°52'25.29"

h = 51°09' 58.58"/ 38°50'01.42"

¤ Cara Penyelesaain Menggunakan Kalkulator

1. Model I

   Shift Sin(Sin (-)7°28'37.49" × Sin 4°57'02.74" + Cos(-) 7°28'37.49" × Cos 4°57'02.74" × Cos 36°52'25.29") = Shift °'"

2. Model II

   Shift Sin (Sin 7°28'37.49" +/- × Sin 4°57'02.74" + Cos 7°28'37.49" +/- × Cos 4°57'02.74" × Cos 36°52'25.29") = Shift °'"

3. Model III

   7°28'37.49" +/- Sin × 4°57'02.74" Sin + 7°28'37.49" +/- Cos × 4°57'02.74" Cos × 36°52'25.29" Cos = Shift Sin Shift °'"

4. Model IV

   7.283749 +/- DEG Sin × 4.570274 DEG Sin + 7.283749 +/- DEG Cos × 4.570274 DEG Cos × 36.522529 DEG Cos = 2Ndf Sin 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Sin (Sin((-)7°28'37.49") × Sin (4°57'02.74") + Cos((-) 7°28'37.49") × Cos (4°57'02.74") × Cos(36°52'25.29")) = Shift °'"

I. Menghitung Azimuth Matahari

Rumus mencari arah Matahari dari titik Utara atau Selatan.

Cotan A = tan δ⊙ × cos □ ÷ sin t – sin □ ÷ tan t.

Penyelesaiannya:

Cot A = tan 4°57'02.74" × cos -7°28'37.49" ÷ sin 36°52'25.29" – sin -7°28'37.49" ÷ tan 36°52'25.29"

A = **72° 25' 53,48"UT**

¤ Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator

1) Model I

   Shift Tan (Tan 4°57'02.74" × Cos (-)7°28'37.49" ÷ Sin 36°52'25.29"– Sin (-)7°28'37.49" ÷ Tan 36°52'25.29") X^{-1} = Shift °'"

2) Model II

   Shift Tan (Tan 4°57'02.74" × Cos 7°28'37.49" +/- ÷ Sin 36°52'25.29" – Sin 7°28'37.49" +/- ÷ Tan 36°52'25.29") 1/X = Shift °'"

3) Model III

4°57'02.74" Tan × 7°28'37.49" +/- Cos ÷ 36°52'25.29"Sin – 7°28'37.49" +/- Sin ÷ 36°52'25.29" Tan = Shift 1/X Shift Tan Shift °'"

4) Model IV

4.570274 DEG Tan × 7.283749 +/- DEG Cos ÷ 36.522529 DEG Sin – 7.283749 +/- DEG Sin ÷ 36.522529 DEG Tan = 2Ndf 1/X 2Ndf Tan 2Ndf DEG

5) Model V

Shift Tan ((Tan (4°57'02.74") × Cos ((-)7°28'37.49") ÷ Sin (36°52'25.29") – Sin ((-)7°28'37.49") ÷ Tan (36°52'25.29")) X^{-1}) = Shift °'"

J. Azimuth Matahari pada saat itu

= 72° 25' 53.48"

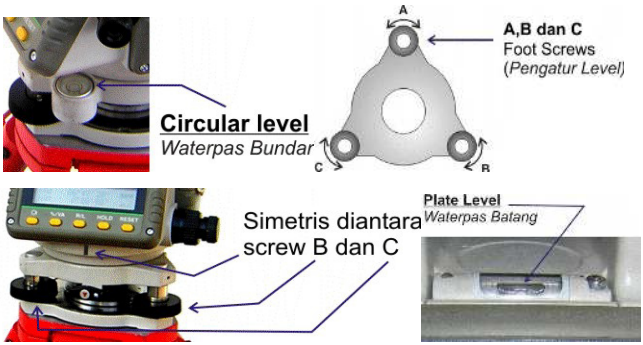
K. Untuk mendapatkan titik utara sejati (*true north*)

360 - 72° 25' 53",48 UT

= **287° 34' 06.52"**

Pasang theodolite secara benar dalam posisi tegak lurus dengan memperhatikan *water pass*-nya dari segala arah, dan pastikan theodolite benar-benar siap digunakan, artinya terpasang dengan baik. Theodolite sebagai alat bantu untuk melakukan rukyat atau pengukuran arah Kiblat. Untuk lebih jelasnya, perhatikan panduan sebagai berikut:

1. Pasang tripod di tempat yang sekiranya datar dan pasang theodolite tepat di atasnya, lalu dikunci. Pasang baterai dan pastikan theodolite berfungsi dengan baik dengan menggerakkan lensa secara vertikal dan horizontal.

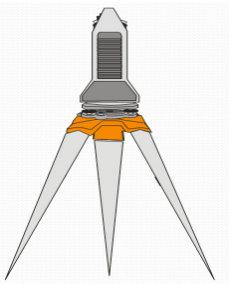


Gambar; 3. Waterpass dan pengatur horizon

2. Pastikan benar-benar tegak lurus dengan memperhatikan waterpass.

Gambar: 4. Tripod dan theodolite

3. Hidupkan theodolite dalam posisi bebas tidak terkunci dan pasang filter untuk pengaman bila ada.



Gambar; 5. Tripod dan theodolite tegak lurus

4. Bidik Matahari pada pukul 09:15:15.00 WIB. (jam harus tepat), Ingat!!! Bidik sebentar dan jangan melihat matahari secara langsung dengan mata. Dengan mengacu ketinggian Matahari dan hasil dari perhitungan di atas, yaitu 51°09' 58.58", jika nol-nya vertikal theodolite dimulai dari Zenith, maka bidik Matahari mengacu ke jarak zenith 38°50'01.42" (90° – 51°09' 58.58")

5. Kunci horizontal theodolite dan nol-kan/atau reset, lensa segera turunkan, lalu lepaskan kunci horizontal putar arah titik Utara sejati (*true Nort*) yaitu 287° 34' 06.52", kemudian kunci horizontal theodolite dan nol-kan/ reset.

   Lensa theodolite sudah benar-benar mengarah ke titik Utara Sejati (*true North*) dengan azimuth nol derajat.

6. Hidupkan kembali, kemudian lepas kunci horizontal lalu bidiklah arah yang akan dijadikan acuan Hilal atau arah kiblat, jika Hilal tinggal putar ke bilangan azimuth Hilal, jika arah kiblat tinggal putar ke bilangan azimuth kiblat. *[j]*

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	12° 26' 55"	-0.93"	11° 26' 33"	4° 54' 53"	0.9995239	16'00.09"	23° 26' 06"	-3 m 38 s
1	12° 29' 23"	-0.93"	11° 28' 50"	4° 55' 50"	0.9995356	16'00.08"	23° 26' 06"	-3 m 37 s
2	12° 31' 51"	-0.93"	11° 31' 07"	4° 56' 48"	0.9995473	16'00.06"	23° 26' 06"	-3 m 37 s
3	12° 34' 19"	-0.93"	11° 33' 23"	4° 57' 46"	0.9995590	16'00.05"	23° 26' 06"	-3 m 36 s
4	12° 36' 47"	-0.92"	11° 35' 40"	4° 58' 43"	0.9995707	16'00.04"	23° 26' 06"	-3 m 35 s
5	12° 39' 15"	-0.92"	11° 37' 57"	4° 59' 41"	0.9995824	16'00.03"	23° 26' 06"	-3 m 35 s
6	12° 41' 43"	-0.92"	11° 40' 14"	5° 00' 39"	0.9995941	16'00.02"	23° 26' 06"	-3 m 34 s
7	12° 44' 11"	-0.92"	11° 42' 31"	5° 01' 36"	0.9996058	16'00.01"	23° 26' 06"	-3 m 33 s
8	12° 46' 39"	-0.92"	11° 44' 48"	5° 02' 34"	0.9996175	15'60.00"	23° 26' 06"	-3 m 32 s
9	12° 49' 07"	-0.92"	11° 47' 04"	5° 03' 31"	0.9996292	15'59.99"	23° 26' 06"	-3 m 32 s
10	12° 51' 34"	-0.91"	11° 49' 21"	5° 04' 29"	0.9996409	15'59.97"	23° 26' 06"	-3 m 31 s
11	12° 54' 02"	-0.91"	11° 51' 38"	5° 05' 27"	0.9996526	15'59.96"	23° 26' 06"	-3 m 30 s
12	12° 56' 30"	-0.91"	11° 53' 55"	5° 06' 24"	0.9996643	15'59.95"	23° 26' 06"	-3 m 29 s
13	12° 58' 58"	-0.91"	11° 56' 12"	5° 07' 22"	0.9996760	15'59.94"	23° 26' 06"	-3 m 29 s
14	13° 01' 26"	-0.91"	11° 58' 28"	5° 08' 19"	0.9996877	15'59.93"	23° 26' 06"	-3 m 28 s
15	13° 03' 54"	-0.90"	12° 00' 45"	5° 09' 17"	0.9996993	15'59.92"	23° 26' 06"	-3 m 27 s
16	13° 06' 22"	-0.90"	12° 03' 02"	5° 10' 15"	0.9997110	15'59.91"	23° 26' 06"	-3 m 26 s
17	13° 08' 50"	-0.90"	12° 05' 19"	5° 11' 12"	0.9997227	15'59.90"	23° 26' 06"	-3 m 26 s
18	13° 11' 18"	-0.90"	12° 07' 36"	5° 12' 10"	0.9997344	15'59.88"	23° 26' 06"	-3 m 25 s
19	13° 13' 46"	-0.89"	12° 09' 53"	5° 13' 07"	0.9997461	15'59.87"	23° 26' 06"	-3 m 24 s
20	13° 16' 14"	-0.89"	12° 12' 10"	5° 14' 05"	0.9997578	15'59.86"	23° 26' 06"	-3 m 24 s
21	13° 18' 42"	-0.89"	12° 14' 26"	5° 15' 02"	0.9997695	15'59.85"	23° 26' 06"	-3 m 23 s
22	13° 21' 10"	-0.89"	12° 16' 43"	5° 15' 60"	0.9997812	15'59.84"	23° 26' 06"	-3 m 22 s
23	13° 23' 38"	-0.88"	12° 19' 00"	5° 16' 57"	0.9997929	15'59.83"	23° 26' 06"	-3 m 21 s
24	13° 26' 05"	-0.88"	12° 21' 17"	5° 17' 55"	0.9998045	15'59.82"	23° 26' 06"	-3 m 21 s

*) for mean equinox of date

Data Matahari tanggal 2 April 2017 (Ephimeris)

BAB 12

ISTIWAAINI "SLAMET HAMBALI"

(Solusi Alternatif Menentukan Arah Kiblat Mudah Dan Akurat)

Sesungguhnya ibadah muwaqqat adalah ibadah yang berhubungan dengan waktu yang telah ditentukan, yang salah satunya adalah salat. Adapun salat sendiri merupakan ibadah yang sangat fundamental di agama Islam, karena salat adalah tiangnya agama. Sedangkan untuk kesempurnaan pelaksanaannya, harus mengutamakan serta memperhatikan segala aspek, baik dari segi badan, pakaian, tempat, dan syarat-syaratnya. Termasuk hal yang tepenting dalam salat ialah menghadap Kiblat.[128] Mengapa demikian? Karena menghadap Kiblat bagian dari syarat-sahnya salat. Pada persoalan menghadap kiblat, bagi orang yang berada di dalam kota Makkah, maka tidak ada masalah. Akan tetapi, bagi orang

128 Kiblat yang mempunyai pengertian arah, yang identik dengan kata *jihah* dan *syathrah* dalam bahasa latin dikenal dengan istilah *azimuth*. Dalam Astronomi, azimut sebagai sudut yang diukur sepanjang horizon dari utara ke selatan sampai perpotongan lingkaran vertical dengan bidang horizon, searah dengan arah jarum jam.

yang jauh dari Mekah (seperti Indonesia), maka menghadap ke arah Ka'bah di Masjidil Haram (sebagai Kiblat) yang berada di kota Mekah menjadi persoalan tersendiri. Hal itu karena dalam penentuan arah kiblat memang membutuhkan sebuah keahlian khusus.

Pada hakikatnya, penentuan (pengukuran) arah Kiblat adalah penentuan posisi suatu tempat di permukaan Bumi ke Ka'bah. Dan karena bentuk Bumi yang menyerupai bola, maka dalam pengukurannya perlu memberlakukan konsep (kaidah) hukum yang berlaku pada bola, yang disebut dengan istilah rumus segitiga bola (trigonometri bola). Akan tetapi, seiring dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan, persoalan ini semakin mudah dalam mengaplikasikannya.

Adapun di antara salah satu upaya untuk mempermudah dalam perhitungan dan penetuan arah kiblat ialah membuat alat penentuan arah kiblat yang dapat digunakan oleh siapa-pun, kapan-pun ("setiap saat"), dan di mana-pun selama ada sinar Matahari. Gagasan ini, bagian dari kegelisahan seorang ilmuan falak, yaitu KH. Slamet Hambali terhadap solusi alternatif penentuan arah kiblat.

Dan selama perenungan KH. Slamet Hambali, maka muncullah alat penentuan arah Kiblat yang diberi nama "Istiwaaini"[129]. Alat ini diharapkan sebagai sarana untuk

129 Awal gagasan ini muncul, ketika acara Penyerasian Hisab Tingkat Nasional pada tanggal 28 Jumadil Akhir s/d 2 Rajab1434 H/9-12 Mei 2013 M., di Gresik Jawa Timur. Disela-sela acara, KH. Slamet Hambali berbicang-bicang dengan saya tentang satu gagasan "alat penetukan arah Kiblat" yang mudah untuk diaplikasikan dan akurat hasilnya. Pasca acara gagasan yang hanya dalam bentuk konsep, pelan-pelan mulai saya tuangkan. Pertama, dengan membuat desain menggunakan media yang sangat sederhana berupa bahan kertas CTS 180 gram. Tepatnya Pada tanggal 3 Agustus 2013 dilakukan pengujian dan pembuktian yang dilakukan di depan kantor Fakultas Syariah dan Hukum UIN Walisongo Semarang pada jam 13.30 WIB., ternyata hasilnya tepat dan akurat. Setelah itu, tidak lama kemudian alat ini diperkenalkan pada hari Kamis, 24 Oktober 2013 pukul 15:14:13 WIB yang disaksikan oleh para dosen dari (1) Fakultas Syari'ah dan Ekonomi Islam IAIN Walisongo Semarang, (2) IAIN Sumatera Barat, (3) IAIN Palembang (4) IAIN Nusa Tenggara Barat dan beberapa mahasiswa (S1 dan S2 Falak) IAIN Walisongo Semarang di Masjid Agung Jawa Tengah dalam rangkian acara seminar nasional yang diadakan UIN Walisongo.

mempermudah dalam menetukan arah kiblat secara cepat, akurat, dan murah. Akan tetapi, sistem penggunaannya tidak kalah akurat dengan theodolite.

A. Sekilas Biografi Akademis

Slamet Hambali[130] lahir di Dusun Bajangan Desa Sambirejo Kecamatan Bringin Kabupaten Semarang pada tanggal 5 Agustus 1954 M. Beliau adalah putra dari pasangan KH. Hambali dan Ibu Juwairiyah. Sejak kecil, beliau sudah terlihat ada tanda ketertarikan terhadap ilmu perbintangan (Ilmu Falak), ditandai dengan aktifnya pengamatan terhadap bintang yang terlihat pada malam hari. Selain itu, ayahnya selalu memperkenalkan terhadap pengetahuan tentang alam, salah satunya tentang macam-macam bintang, gerak semu Matahari, dan lain sebagainya. Oleh karena itu, beliau semakin tertarik dan penasaran terhadap keterangan, bahwa orang yang ahli Ilmu Falak, dapat menghitung kapan daun akan jatuh, meski sampai sekarang belum mendapatkan rumusnya yang jelas.

Pengetahuan beliau tentang Ilmu Falak semakin berkembang dan menonjol waktu hijrah ke Kota Salatiga, pasca lusus Sekolah Dasar. Di sinilah menjadi awal tonggak Slamet Hambali menemukan jatidiri "Ilmu Falak"-nya setelah bertemu sang guru KH. Zubeir Umar al-Jaelany (ahli falak) sekaligus pimpinan PP. Joko Tingkir di daerah Kauman Salatiga. Slamet (panggilan akrab) mengikuti pengajian Ilmu Falak yang diselanggarakan setiap hari Ahad yang dimulai pada jam 09.00 -12.00 WIB., yang langsung disampaiakan oleh Kyai Zubeir, dengan kitabnya *al-Khulashah al-Wafiyah*. Dalam

130 Dalam keseharian sebagai dosen, KH. Slamet Hambali juga aktif di berbagai lembaga diantaranya: Lembaga Lajnah Fakiyyah Pengurus Besar Nahdlatul Ulama, PWNU Jawa-Tengah, sebagai Tim Ahli Hisab Rukyah Kementrian Agama Jawa Tengah, dan anggota Tim Hisab Rukyat Kemenag RI. Di sela-sela kesibukannya, beliau juga menjadi narasumber dalam acara pelatihan falak, seminar, diklat, lokakarya dll. Dari kegiatan sebagai narasumber inilah beberapa ide cerdas tertuang yaitu berupa ide-ide tentang koreksi-koreksi dalam penentuan awal waktu salat dan perhitungan Hilal.

pengajian, Slamet termasuk salah satu santri yang paling muda di antara santri yang lain, di samping Habib Thaha.[131] Dalam proses perjalanan pengajian, Slamet sudah terlihat benih-benih akan menjadi ahli dalam Ilmu Falak, di antaranya karena beliau mahir di bidang ilmu matematika, sehingga pada waktu belajar dengan mudah menerima pelajaran Ilmu Falak. Selain itu, beliau juga termasuk santri yang rajin, tekun, dan bersemangat. Apabila terdapat persoalan, atau permasalahan tentang perhitungan "algoritma", beliau selalu dapat menyelesaikan dan memecahkannya.

Perjalanan pendidikan Slamet, selama 6 tahun mulai 1966-1972 di habiskan di-Kota Salatiga, yaitu ketika belajar di tingkat Madrasah Tsanawiyah samapai Madrasah Aliyah. Selama itu beliau juga nyantri di KH. Isom. Setelah menyelesaikan pendidikan Aliyah, Slamet mendapatkan nasehat dan arahan seorang guru supaya melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi di IAIN Walisongo Semarang (sekarang UIN Walisongo). Atas saran tersebut, Slamet pergi ke Semarang untuk mendaftar mahasiswa di IAIN Walisongo pada Jurusan Syariah. Di IAIN Walisongo, tak disangka beliau berjumpa dengan sang guru Kyai Zubeir sebagai rektor pertama IAIN Walisongo. Pertemuannya dengan sang guru, membuat Slamet semakin semangat untuk menggembangkan keilmuan-falaknya yang pernah didapatkan.

Pilihannya di fakultas Syari'ah menjadi pilihan yang tepat, karena di fakultasa itu beliau mendapat pelajaran Ilmu Falak, yang diampu langsung oleh Kyai Zubeir. Selama perkuliahan Ilmu Falak tidak ada persoalan, karena sebelumnya beliau pernah belajar. Ada hal yang menarik ketika ujian semester

131 Habib Thaha adalah satu-satunya rekan Slamet Hambali yang masih muda ketika belajar ilmu Falak dengan Kyai Zubeir di PP Joko Tingkir. Beliau juga merupakan lurah PP kauman pada waktu itu dan merupakan santri kepercayaan Kyai Zubeir. Selain itu Ia pernah menjadi Dekan Fakultas tarbiyah IAIN Walisongo. Serta juga pernah menjabat sebagai Kepala Kantor Departemen Agama Jawa Tengah.

Ilmu Falak, dalam satu kelas hanya ada dua mahasiswa yang lulus, yaitu beliau dan sebalahnya.

Pada tahun 1976, beliau lulus sebagai Sarjana Muda Fakultas Syari'ah. Satu tahun kemudian, pada tahun 1977, beliau di dipercaya sang guru (KH. Zubeir Umar al-Jaelany) untuk menjadi asisten dosen pada mata kuliah Ilmu Falak dan Ilmu Waris. Kepercayaan ini diterima dengan senang hati dan penuh tanggung jawab. Pasca menyelesaikan S1 (sarjana lengkap) pada tahun 1979, beliau mulai mengabdikan diri di di Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo. Tahun 2009, beliau baru melajutkan pendidikan jenjang S2-nya, dengan rentan waktu 30 tahun antara S2 dengan S1, dimana saat itu beliau termasuk mahasiswa tertua. Hal ini tidak menjadi persoalan, karena terbukti pada tanggal 27 Januari 2011 beliau telah menyelesaikan program Magister *Islamic Studies* (Studi Islam) selama dua tahun di perguruan tinggi yang sama. Beliau juga menjadi wisudawan dengan Tesis terbaik. Dalam tesisnya, beliau mengemukakan penemuannya akan formula (rumus) baru tentang perhitungan arah kiblat, yang terkenal dengan nama rumus "Perhitungan Segitiga Kiblat Setiap Saat".

B. Beberapa karyanya:

1. *Ilmu Falak I Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia*.
2. *Almanak Sepanjang Masa Sejarah Sistem Penanggalan Masehi Hijriyah dan Jawa,*
3. *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta*.
4. *Tahqiq Kitab al-Futuhiya a'mal al-Hisabiyah,*
5. *Melacak Metode Penentuan Poso dan Riyoyo Kalangan Keraton Yogyakarta*.

6. Penemuannya tentang *Metode Penentuan Arah Kiblat dengan Segitiga Siku-siku dari Bayangan Matahari Setiap Saat,* (tesis 2011). Karya ini sudah diterbitkan menjadi sebuah buku yang berjudul "Ilmu Falak, Kiblat Setiap Saat"

C. Sekilas Tentang Istiwaaini

Kata istiwaaini merupakan bentuk *tasniyah* dari kata "*istiwa*" yang memiliki arti keadaan lurus (Munawir, 1997: 682). Istiwa juga dapat diartikan sebauah tongkat yang berdiri tegak lurus. Adapun yang dimaksud Istiwaaini adalah alat sederhana untuk memenentukan arah kiblat yang tepat dan akurat, yang terdiri dari dua tongkat istiwa. Kedua tongkat tersebut memiliki fungsi sebagai titik pusat dalam menentukan kemana arah Kiblat, dan arah *true north* (Utara sejai). Dalam aplikasinya, satu tongkat berada di titik pusat lingkaran dan satunya berada dititik 0° lingkaran. Perhatikan gambar dibawah ini:

Gambar: 1. IstiwaainI pastikan benar Tegak lurus

Dalam pengaplikasiannya, *Pertama,* siapkan semua peralatan dan pasang sesuai dengan tempatnya. *Kedua,* cari tempat yang datar untuk meletakkan istiwaaini. *Ketiga*, pastikan istiwaaini benar-benar dalam posisi datar. Untuk mengatur alat tersebut benar-benar datar, maka disediakan tiga mur yang berfungsi untuk menaikkan, atau menurunkan sesuai kebutuhan sampai alat benar-benar datar, yang kemudian dapat

dicek menggunakan bantuan *water pass*. *Keempat,* tongkat istiwa yang berada di pusat lingkaran, dan yang berada di titik 0° harus benar-benar dalam posisi tegak lurus.

D. Proses Perhitungan

Dalam proses perhitungan, ada beberapa data yang harus disiapkan ketika akan menggunakan istiwaaini. Di antaranya; *Pertama*, harus mengetahui waktu yang tepat yang sesuai dengan jam atom (waktu semestinya). Sedangkan utuk mendapatkan waktu yang tepat dapat melalui *Global Positioning System* (GPS), mengakses web BMKG "jam bmkg", dan lain sebagainya.

Kedua, mencari arah kiblat dan azimuth kiblatnya. Dalam aplikasinya, arah kiblat sendiri adalah busur di lingkaran horizon (ufuk) yang dihitung dari titik utara (jika +), atau dari titik selatan (jika -) ke arah timur, atau barat sampai dengan lingkaran vertikal yang melalui Ka'bah. Atau, sudut yang dibentuk oleh garis yang menghubungkan titik pusat dan titik Utara (jika +), atau Selatan (jika -) dengan garis yang menghubungkan titik pusat, dan titik pertemuan antara lingkaran horizon dengan lingkaran vertikal yang melalui Ka'bah.

Azimuth Kiblat adalah busur yang dihitung dari titik Utara ke Timur melalui horizon, atau ufuk (searah perputaran jarum jam) sampai dengan lingkaran vertikal yang melalui Ka'bah.

Gambar; 2. Pastikan bayangan benar-benar sejajat titik nol dengan pusat lingkaran

Arahkan istiwa yang berada pada titik nol benar-benar sejajar dengan istiwa yang berada pada pusat lingkaran dan pastikan jam berapa ketika bayangan itu seajar, karena ini sebagai langkah untuk proses perhitungan, serta jangan sampai alat istiwaaini digerakkan.

E. Rumus Menghitung Arah Kiblat.

Rumus:

$$\mathbf{Cot\ B = \cos \varphi^x \times \tan \varphi^k \div \sin C - \sin \varphi^x \div \tan C}$$

Keterangan Rumus:

B adalah arah kiblat. Jika positip (+) dihitung dari titik Utara dan jika negatip (-) dihitung dari titik Selatan.

ϕ^k adalah Lintang Ka'bah yaitu + 21°25'21.04"

ϕ^x adalah Lintang yang akan diukur arah kiblatnya.

λ^k adalah Bujur Ka'bah yaitu 39°49'34.33". BT

C adalah jarak atau beda bujur dari Ka'bah ke x, dengan ketentuan sebagai beriku:

1. Jika $BT^x > BT^k$, maka C = BT^x – BT^k (Kiblat condong ke Barat). Contoh BT^x = 120°50' C = 120°50' – 39°49'34. 33" = **81°00'25.67"(B)**

2. Jika $BT^x < BT^k$, maka C = BT^k – BT^x (Kiblat condong ke Timur). Contoh BTx = 20°20'C = 39°49'34.33" – 20°20' = **19°29'34.33" (T)**

3. Jika BB 0° s/d BB 140°10'25.06"; maka C = BB^x + BT^k (Kiblat = TIMUR)

   Contoh BB^x = 40°30'20", C = 40°30'20" + 39°49'34.33" = **80°19'54,33" (T)**

4. Jika BB^x 140°10'25.06" s/d 180°, maka C = 360° – BBx – BTk (Kiblat condong ke Barat).

   Contoh BB^x = 150°10', C = 360° – 150°10' – 39°49'34.33" = **170°00'25,67" (B).**

   Keterangan :

   BT^x adalah data bujur timur lokasi yang dihitung arah Kiblatnya.

   BB^x adalah data bujur barat lokasi yang akan diukur arah Kiblatnya.

   BT^k adalah BT Ka'bah yaitu 39°49'34.33"

F. Contoh Menghitung arah Kiblat Baiturrahman Grand Mosque Banda Aceh :

Bujur (λ^x) = 95°19'2.64" BT.

Lintang (ϕ^x) = 5°33'12.93" (LU)[132]

Bujur Ka'bah (λ^k) = 39°49'34.33" (BT)

Lintang Ka'bah (ϕ^k)= +21°25'21.04" (LU).

C = 95°19'2.64" – 39°49'34.33"

= 55°29'28.31" (Barat)

Rumus:

Cot B = cos φ^x × tanφ^k ÷ sin C – sin φ^x ÷ tan C
Cot B = cos 5°33'12.93" × tan 21°25'21.04" ÷ sin 55°29'28.31" – sin

132 Diambil dari Google Earth, 31 Maret 2017, ditas kubah dari tiga kubah besar.

5°33’12.93” ÷ tan 55°29’28.31”

B (arah Kiblat) Baiturrahman Grand Mosque **= 67°50’09.63” (UB)**

¤ **Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator**

1. Model I

   Shift Tan (Cos 5°33’12.93” × tan 21°25’21.04” ÷ Sin 55°29’28.31” – Sin 5°33’12.93” ÷ Tan 55°29’28.31”) X^{-1} = Shift °’”

2. Model II

   Shift Tan (Cos 5°33’12.93” × Tan 21°25’21.04” ÷ Sin 55°29’28.31” – Sin 5°33’12.93” ÷ Tan 55°29’28.31”) Shift 1/X = Shift °’”

3. Model III

   5°33’12.93” Cos × 21°25’21.04” Tan ÷ 55°29’28.31” Sin – 5°33’12.93” Sin ÷ 55°29’28.31” Tan = Shift 1/X Shift Tan Shift °’”

4. Model IV

   5.331293 DEG Cos × 21.252104 DEG Tan ÷ 55.292831 DEG Sin – 5.331293 DEG Sin ÷ 55.292831 DEG Tan = 2Ndf 1/X 2Ndf Tan 2Ndf DEG

5. Model V

   Shift Tan (Cos (5°33’12.93”) × tan (21°25’21.04”) ÷ Sin (55°29’28.31”) – Sin (5°33’12.93”) ÷ Tan (55°29’28.31”)) X^{-1}) = Shift °’”

≈ **Rumus Menghitung Azimuth Kiblat.**

1. Jika B (arah Kiblat) UT (+), maka azimuth Kiblat = B (tetap).
2. Jika B (arah Kiblat) ST (-), maka azimuth Kiblat = B + 180°.
3. Jika B (arah Kiblat) SB (-), maka azimuth Kiblat = Abs B + 180°.
4. Jika B (arah Kiblat) UB (+), maka azimuth Kiblat = 360° –B.

G. Azimuth Kiblat Baiturrahman Grand Mosque :

B (arah Kiblat) Baiturrahman Grand Mosque = **67°50'09.63" (UB)**

Karena B (arah Kiblat) Baiturrahman Grand Mosque adalah UB (utara barat), maka azimuth Kiblat Baiturrahman Grand Mosque adalah 360° – B = **360– 67°50'09.63"**

= 292°09'50.37"

Azimuth Kiblat Baiturrahman Grand Mosque = **292°09'50.37" (UTSB)**

≈ **Rumus Menghitung Arah Matahari (A).**

Cot A = cos φ^x × tan$\delta\odot$ ÷ sin t – sin φ^x ÷ tan t

Keterangan:

A adalah arah Matahari.

φ^x adalah lintang tempat

δ^x adalah deklinasi Matahari

t adalah sudut waktu Matahari

≈ **Rumus Menghitung Sudut Waktu (*t*).**

1. Untuk mendapatkan sudut waktu (*t*) dari *Local Mean Time* (LMT), atau waktu daerah (untuk Indonesia adalah WIB, WITA dan WIT) dapat digunakan rumus:

$$t = (LMT + e - (BT^L - BT^x) \div 15 - 12) \times 15$$

$$t = (LMT + e + (BB^L - BB^x) \div 15 - 12) \times 15$$

Keterangan:

e adalah *equation of time* BT^L adalah BT *local mean time* atau BT daerah, yaitu WIB= 105° , WITA= 120° dan WIT adalah 135°

BT^x adalah BT tempat yang dihitung sudut waktu (t) nya

H. Contoh menghitung t Baiturrahman Grand Mosque tanggal 2 April 2017 jam 9:15:15 WIB.

Bujur (λ^x) = 95°19'2.64" BT,

Lintang (ϕ^x) = 5°33'12.93" (LU)

Pada tanggal 2 April 2017 M., jam 9:15:15 WIB (jam 2:15:15 GMT). Untuk mendapatkan δ^m dan e pada jam tersebut dengan melakukan interpolasi, dengan menggunakan rumus: **A = B + D x (C – B)**

Keterangan:

A adalah yang dicari (jam 9:15:15WIB)

B adalah $\delta\odot$atau e pada jam 9 WIB (2 GMT)

C adalah $\delta\odot$atau e pada jam 10 WIB (3 GMT)

D adalah menit detik kelebihan dari jam 9 (0:15:15)

Data deklinasi Matahari diambil dari buku ephemeris hisab rukyat 2017 pada tanggal 2 April 2017 pada jam 9 dan jam 10 (2 dan 3 GMT)

δ⊙jam 9 WIB (2GMT) = 4°56'48"

δ⊙jam 10 WIB (3GMT) = 4°57'46"

$d = 0^j\ 15^m\ 15^d$

$\delta\odot = \delta\odot^1 + d \times (\delta\odot^2 - \delta\odot^1)$

$= 4°56'48" + 0^j\ 15^m\ 15^d \times (4°57'46" - 4°56'48")$

δ⊙= 4°57'02.74"

Data *equation of time* Matahari diambil dari buku ephemeris hisab rukyat 2017 pada tanggal 2 April 2017 jam 9 dan jam 10 (2 dan 3 GMT).

e jam 9 WIB (2 GMT) $= -0^j\ 3^m\ 37^d$

e jam 10 WIB (3 GMT) $= -0^j\ 3^m\ 36^d$

$d = 0^j\ 15^m\ 15^d$

$\mathbf{e = e^1 + d \times (e^2 - e^1)}$

$= -0^j\ 3^m\ 37^d + 0^j\ 15^m\ 15^d \times (-0^j\ 3^m\ 36^d - (-0^j\ 3^m\ 37^d))$

$\mathbf{e = -0^j\ 3^m\ 36.75^d}$

$\mathbf{t = (LMT + e - (BT^L - BT^x) \div 15 - 12) \times 15}$

Data;

LMT (WD) = jam 9:15:15 WIB.

$e = -0^j\ 3^m\ 36.75^d$

$BT^L = 105°$

$BT^x = 95°19'2.64"$

$t = (9:15:15 + (-0^j\ 3^m\ 36.75^d) - (105° - 95°19'2.64") \div 15° - 12) \times 15$

= 51°46'23.55" (S) ABS

t di Baiturrahman Grand Mosque tanggal 4 April 2017 M., jam 9:15:15 WIB

= 51°46'23.55" (S) ABS

I. Contoh Menghitung Arah Matahari (A) di Baiturrahman Grand Mosque tanggal 4 April 2017 M., jam 9:15:15 WIB

Rumus Menghitung A

Cot A = cos ϕ^x × tan$\delta\odot$ ÷ sin t – sin ϕ^x ÷ tan t

Data:

LMT (WD) = jam 9:15:15 WIB.

ϕ^x = 5°33'12.93"

$\delta\odot$ = 4°57'02.74"

t = 51°46'23.55"

Cot A = cos 5°33'12.93" × tan 4°57'02.74" ÷ sin 51°46'23.55" – sin 5°33'12.93" ÷ tan 51°46'23.55"

A (arah matahari) di Baiturrahman Grand Mosque = **88°4'48.37" (UT)**

¤ Cara Penyelesaian Menggunakan Kalkulator

1) Model I
   Shift Tan (Cos 5°33'12.93" × tan 4°57'02.74" ÷ Sin 51°46'23.55" – Sin 5°33'12.93" ÷ Tan 51°46'23.55") X^{-1} = Shift °'"

2) Model II
   Shift Tan (Cos 5°33'12.93" × Tan 4°57'02.74" ÷ 51°46'23.55" – Sin 5°33'12.93" ÷ Tan 51°46'23.55") Shift 1/X = Shift °'"

3) Model III
   5°33'12.93" Cos × 4°57'02.74" Tan ÷ 51°46'23.55" Sin – 5°33'12.93" Sin ÷ 51°46'23.55" Tan = Shift 1/X Shift Tan Shift °'"

4) Model IV
   5.331293 DEG Cos × 4.570274 DEG Tan ÷ 51.462355 DEG Sin – 5.331293 DEG Sin ÷ 51.462355 DEG Tan = 2Ndf 1/X 2Ndf Tan 2Ndf DEG

5) Model V
Shift Tan (Cos (5°33'12.93") × tan (4°57'02.74") ÷ Sin (51°46'23.55") – Sin (5°33'12.93") ÷ Tan (51°46'23.55")) X^{-1}) = Shift °'"

≈ Rumus Menghitung Azimuth (Az) Matahari.

1. Jika A (arah matahari) UT (+), maka azimuth matahari = A (tetap).
2. Jika A (arah matahari) ST (-), maka azimuth matahari = A + 180°
3. Jika A (arah matahari) SB (-), maka azimuth matahari = Abs A + 180°
4. Jika A (arah matahari) UB (+), maka azimuth matahari = 360° - A.

≈ Azimuth (az) Matahari di Baiturrahman Grand Mosque.

A (arah Matahari) di Baiturrahman Grand Mosque = -88°4'48.37" **(UT).** Karena A (arah Matahari) di Baiturrahman Grand Mosque adalah UT (Utara-Timur), maka azimuth Matahari di Baiturrahman Grand Mosque adalah A (tetap) = **88°4'48.37"**

≈ Menghitung Beda Azimuth (Ba)

Rumus:

Ba = azimuth Kiblat – azimuth Matahari (jika negatip supaya ditambah 360°)

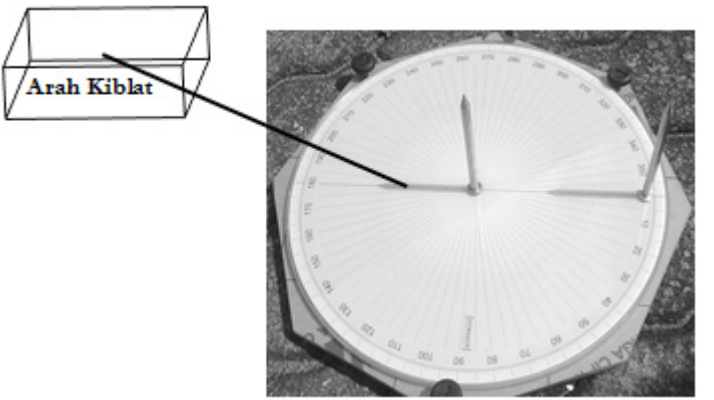
Data:

Azimuth Kiblat Baiturrahman Grand Mosque = **292°09'50.37"**

Azimuth matahari = **88°4'48.37"**

Ba di Baiturrahman Grand Mosque 2 April 2017 M., jam 9:15:15 WIB = **292°09'50.37" – 88°4'48.37" = 204°5'6"** (**selisih kiblat**)

Setalah mendapatkan hasil selisih azimuth antara Kiblat-Matahari, maka langkah selanjutnya adalah memasang benang di tongkat istiwa yang berada di titik pusat lingkaran. Kemudian, cari anggka **204°5'6"**, lalu benang ditarik dan dipastikan benang benar-benar menuju ke angka tersebut. Lebih jelasnya perhatikan gambar di bawah ini. *[j]*



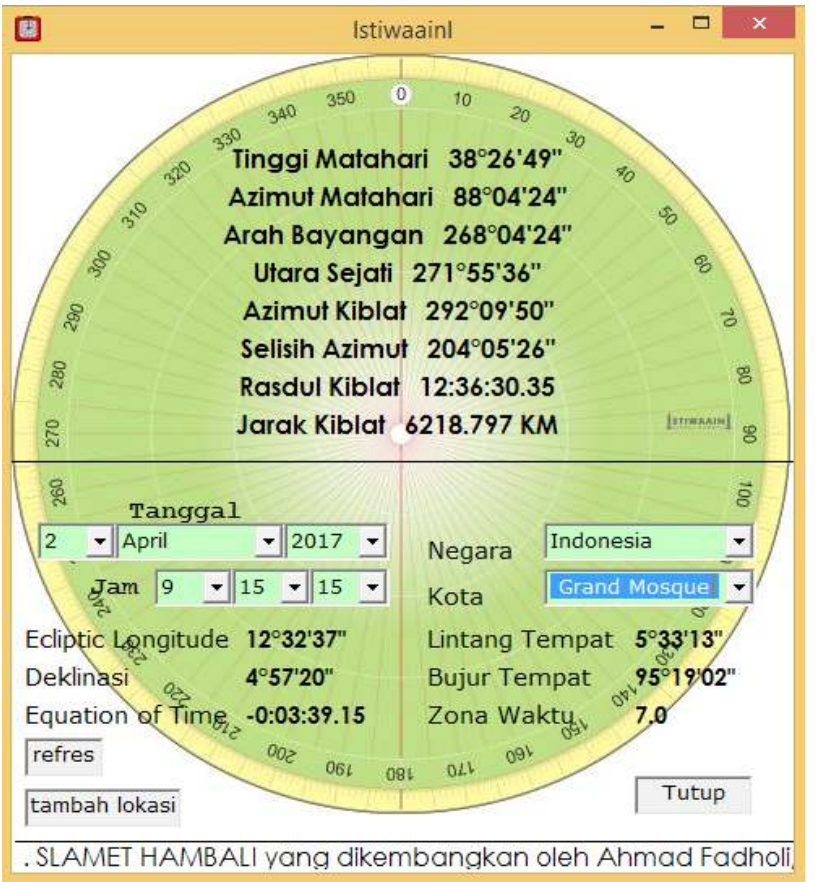
Gambar; 3. Tarik benang dati titik pusat lingkaran temukan dengan anggka selisih Kiblat (garis menuntukan arak Kiblat)

DATA MATAHARI

Jam	Ecliptic Longitude *)	Ecliptic Latitude *)	Apparent Right Ascension	Apparent Declination	True Geocentric Distance	Semi Diameter	True Obliquity	Equation Of Time
0	12° 26' 55"	-0.93"	11° 26' 33"	4° 54' 53"	0.9995239	16'00.09"	23° 26' 06"	-3 m 38 s
1	12° 29' 23"	-0.93"	11° 28' 50"	4° 55' 50"	0.9995356	16'00.08"	23° 26' 06"	-3 m 37 s
2	12° 31' 51"	-0.93"	11° 31' 07"	4° 56' 48"	0.9995473	16'00.06"	23° 26' 06"	-3 m 37 s
3	12° 34' 19"	-0.93"	11° 33' 23"	4° 57' 46"	0.9995590	16'00.05"	23° 26' 06"	-3 m 36 s
4	12° 36' 47"	-0.92"	11° 35' 40"	4° 58' 43"	0.9995707	16'00.04"	23° 26' 06"	-3 m 35 s
5	12° 39' 15"	-0.92"	11° 37' 57"	4° 59' 41"	0.9995824	16'00.03"	23° 26' 06"	-3 m 35 s
6	12° 41' 43"	-0.92"	11° 40' 14"	5° 00' 39"	0.9995941	16'00.02"	23° 26' 06"	-3 m 34 s
7	12° 44' 11"	-0.92"	11° 42' 31"	5° 01' 36"	0.9996058	16'00.01"	23° 26' 06"	-3 m 33 s
8	12° 46' 39"	-0.92"	11° 44' 48"	5° 02' 34"	0.9996175	15'60.00"	23° 26' 06"	-3 m 32 s
9	12° 49' 07"	-0.92"	11° 47' 04"	5° 03' 31"	0.9996292	15'59.99"	23° 26' 06"	-3 m 32 s
10	12° 51' 34"	-0.91"	11° 49' 21"	5° 04' 29"	0.9996409	15'59.97"	23° 26' 06"	-3 m 31 s
11	12° 54' 02"	-0.91"	11° 51' 38"	5° 05' 27"	0.9996526	15'59.96"	23° 26' 06"	-3 m 30 s
12	12° 56' 30"	-0.91"	11° 53' 55"	5° 06' 24"	0.9996643	15'59.95"	23° 26' 06"	-3 m 29 s
13	12° 58' 58"	-0.91"	11° 56' 12"	5° 07' 22"	0.9996760	15'59.94"	23° 26' 06"	-3 m 29 s
14	13° 01' 26"	-0.91"	11° 58' 28"	5° 08' 19"	0.9996877	15'59.93"	23° 26' 06"	-3 m 28 s
15	13° 03' 54"	-0.90"	12° 00' 45"	5° 09' 17"	0.9996993	15'59.92"	23° 26' 06"	-3 m 27 s
16	13° 06' 22"	-0.90"	12° 03' 02"	5° 10' 15"	0.9997110	15'59.91"	23° 26' 06"	-3 m 26 s
17	13° 08' 50"	-0.90"	12° 05' 19"	5° 11' 12"	0.9997227	15'59.90"	23° 26' 06"	-3 m 26 s
18	13° 11' 18"	-0.90"	12° 07' 36"	5° 12' 10"	0.9997344	15'59.88"	23° 26' 06"	-3 m 25 s
19	13° 13' 46"	-0.89"	12° 09' 53"	5° 13' 07"	0.9997461	15'59.87"	23° 26' 06"	-3 m 24 s
20	13° 16' 14"	-0.89"	12° 12' 10"	5° 14' 05"	0.9997578	15'59.86"	23° 26' 06"	-3 m 24 s
21	13° 18' 42"	-0.89"	12° 14' 26"	5° 15' 02"	0.9997695	15'59.85"	23° 26' 06"	-3 m 23 s
22	13° 21' 10"	-0.89"	12° 16' 43"	5° 15' 60"	0.9997812	15'59.84"	23° 26' 06"	-3 m 22 s
23	13° 23' 38"	-0.88"	12° 19' 00"	5° 16' 57"	0.9997929	15'59.83"	23° 26' 06"	-3 m 21 s
24	13° 26' 05"	-0.88"	12° 21' 17"	5° 17' 55"	0.9998045	15'59.82"	23° 26' 06"	-3 m 21 s

*) for mean equinox of date

Data Matahari tanggal 2 April 2017 (Ephimeris)



Aplikasi Program IstiwaainI

BAB 13

DAFTAR DEKLINASI MATAHARI DAN EQUATION OF TIME

Tgl	JANUARI		FEBRUARI		MARET	
	DEK	EQT	DEK	EQT	DEK	EQT
1	-22º 59> 07»	-03m 32d	-17º 03> 10»	-13m 35d	-7º 31> 38»	-12m 21d
2	-22º 53> 53»	-04m 00d	-16º 45> 54»	-13m 43d	-7º 08> 46»	-12m 09d
3	-22º 48> 11»	-04m 28d	-16º 28> 21»	-13m 50d	-6º 45> 48»	-11m 57d
4	-22º 42> 02»	-04m 55d	-16º 10> 30»	-13m 50d	-6º 22> 44»	-11m 44d
5	-22º 35> 25»	-05m 22d	-15º 52> 23»	-15m 00d	-5º 59> 35»	-11m 30d
6	-22º 28> 22»	-05m 48d	-15º 33> 59»	-14m 05d	-5º 36> 21»	-11m 17d
7	-22º 20> 52»	-06m 14d	-15º 15> 19»	-14m 09d	-5º 13> 02»	-11m 02d
8	-22º 12> 56»	-06m 40d	-14º 56> 23»	-14m 12d	-4º 49> 39»	-10m 48d
9	-22º 04> 34»	-07m 05d	-14º 37> 13»	-14m 13d	-4º 26> 12»	-10m 33d
10	-21º 55> 45»	-07m 30d	-14º 17> 47»	-14m 15d	-3º 02> 42»	-10m 17d
11	-21º 46> 31»	-07m 53d	-13º 58> 08»	-14m 15d	-3º 39> 09»	-10m 02d

12	-21º 36> 52»	-08m 17d	-13º 38> 14»	-14m 15d	-3º 15> 33»	-09m 46d
13	-21º 26> 48»	-08m 40d	-13º 18> 08»	-14m 13d	-2º 51> 55»	-09m 29d
14	-21º 16> 18»	-09m 02d	-12º 57> 48»	-14m 12d	-2º 28> 15»	-09m 13d
15	-21º 05> 25»	-09m 23d	-12º 37> 15»	-14m 09d	-2º 04> 34»	-08m 56d
16	-20º 54> 07»	-09m 44d	-12º 16> 31»	-14m 05d	-1º 40> 51»	-08m 39d
17	-20º 42> 25»	-10m 04d	-11º 55> 35»	-14m 01d	-1º 17> 08»	-08m 22d
18	-20º 30> 20»	-10m 24d	-11º 34> 28»	-13m 57d	-0º 53> 25»	-08m 04d
19	-20º 17> 51»	-10m 42d	-11º 13> 09»	-13m 51d	-0º 29> 42»	-07m 47d
20	-20º 05> 00»	-11m 00d	-10º 51> 41»	-13m 45d	-0º 05> 59»	-07m 29d
21	-19º 51> 46»	-11m 18d	-10º 30> 02»	-13m 38d	0º 17> 43»	-07m 11d
22	-19º 38> 10»	-11m 34d	-10º 08> 14»	-13m 31d	0º 41> 24»	-06m 53d
23	-19º 24> 12»	-11m 50d	-9º 46> 16»	-13m 22d	1º 05> 04»	-06m 35d
24	-19º 09> 53»	-12m 05d	-9º 24> 10»	-13m 14d	1º 28> 41»	-06m 17d
25	-18º 55> 12»	-12m 19d	-9º 01> 55»	-13m 04d	1º 52> 17»	-05m 59d
26	-18º 40> 11»	-12m 32d	-8º 39> 32»	-12m 54d	2º 15> 49»	-05m 41d
27	-18º 24> 50»	-12m 45d	-8º 17> 01»	-12m 44d	2º 39> 19»	-05m 23d
28	-18º 09> 08»	-12m 56d	-7º 54> 23»	-12m 33d	3º 02> 46»	-05m 05d
29	-17º 53> 07»	-13m 07d			3º 26> 09»	-04m 47d
30	-17º 36> 47»	-13m 18d			3º 49> 29»	-04m 29d
31	-17º 20> 08»	-13m 27d			4º 12> 44»	-04m 11d

DAFTAR DEKLINASI MATAHARI DAN EQUATION OF TIME

Tgl	APRIL		MEI		JUNI	
	DEK	EQT	DEK	EQT	DEK	EQT
1	4º 35> 55»	-03m 53d	15º 07> 16»	02m 53d	22º 04> 17»	02m 11d
2	4º 59> 01»	-03m 35d	15º 25> 16»	03m 00d	22º 12> 11»	02m 01d
3	5º 22> 01»	-03m 18d	15º 43> 00»	03m 07d	22º 19> 41»	01m 52d
4	5º 44> 56»	-03m 00d	16º 00> 28»	03m 12d	22º 26> 48»	01m 41d
5	6º 07> 46»	-02m 43d	16º 17> 40»	03m 18d	22º 33> 32»	01m 31d
6	6º 30> 28»	-02m 26d	16º 34> 37»	03m 22d	22º 39> 51»	01m 20d
7	6º 53> 05»	-02m 09d	16º 51> 16»	03m 27d	22º 45> 47»	01m 09d
8	7º 15> 34»	-01m 52d	17º 07> 39»	03m 30d	22º 51> 19»	00m 58d
9	7º 37> 56»	-01m 36d	17º 23> 45»	03m 33d	22º 56> 26»	00m 46d
10	8º 00> 10»	-01m 20d	17º 39> 33»	03m 35d	23º 01> 10»	00m 34d
11	8º 22> 16»	-01m 04d	17º 55> 04»	03m 37d	23º 05> 29»	00m 22d
12	8º 44> 13»	-00m 48d	18º 10> 16»	03m 39d	23º 09> 24»	00m 10d
13	9º 06> 02»	-00m 33d	18º 25> 10»	03m 39d	23º 12> 54»	-00m 02d
14	9º 27> 42»	-00m 18d	18º 39> 46»	03m 39d	23º 16> 00»	-00m 15d
15	9º 49> 12»	-00m 03d	18º 54> 02»	03m 39d	23º 18> 41»	-00m 28d
16	10º 10> 32»	00m 11d	19º 07> 59»	03m 38d	23º 20> 57»	-00m 41d
17	10º 31> 43»	00m 25d	19º 21> 37»	03m 36d	23º 22> 49»	-00m 54d
18	10º 52> 42»	00m 38d	19º 34> 55»	03m 34d	23º 24> 16»	-01m 07d
19	11º 13> 31»	00m 51d	19º 47> 53»	03m 32d	23º 25> 18»	-01m 20d
20	11º 34> 09»	01m 04d	20º 00> 31»	03m 28d	23º 25> 56»	-01m 33d
21	11º 54> 35»	01m 16d	20º 12> 48»	03m 25d	23º 26> 08»	-01m 46d
22	12º 14> 50»	01m 28d	20º 24> 45»	03m 20d	23º 25> 56»	-01m 59d
23	12º 34> 52»	01m 40d	20º 36> 20»	03m 16d	23º 25> 19»	-02m 12d

24	12º 54> 42»	01m 51d	20º 47> 34»	03m 10d	23º 24> 17»	-02m 25d
25	13º 14> 19»	02m 01d	20º 58> 27»	03m 04d	23º 22> 51»	-02m 37d
26	13º 33> 43»	02m 11d	21º 08> 58»	02m 58d	23º 21> 00»	-02m 50d
27	13º 52> 54»	02m 21d	21º 19> 07»	02m 51d	23º 18> 44»	-03m 03d
28	14º 11> 51»	02m 30d	21º 28> 54»	02m 44d	23º 16> 03»	-03m 15d
29	14º 30> 34»	02m 38d	21º 38> 19»	02m 36d	23º 12> 58»	-03m 27d
30	14º 49> 02»	02m 46d	21º 47> 21»	02m 28d	23º 09> 29»	-03m 39d
31			21º 56> 01»	02m 20d		

DAFTAR DEKLINASI MATAHARI DAN EQUATION OF TIME

Tgl	JULI		AGUSTUS		SEPTEMBER	
	DEK	EQT	DEK	EQT	DEK	EQT
1	23º 05> 35»	-03m 51d	17º 58> 22»	-06m 21d	8º 13> 14»	-00m 03d
2	23º 01> 17»	-04m 02d	17º 43> 04»	-06m 17d	7º 51> 24»	00m 16d
3	22º 56> 35»	-04m 13d	17º 27> 29»	-06m 12d	7º 29> 26»	00m 36d
4	22º 51> 29»	-04m 24d	17º 11> 37»	-06m 07d	7º 07> 20»	00m 55d
5	22º 45> 59»	-04m 35d	16º 55> 28»	-06m 01d	6º 45> 08»	01m 15d
6	22º 40> 05»	-04m 45d	16º 39> 03»	-05m 54d	6º 22> 49»	01m 35d
7	22º 33> 47»	-04m 55d	16º 22> 22»	-05m 47d	6º 00> 23»	01m 56d
8	22º 27> 07»	-05m 04d	16º 05> 25»	-05m 40d	5º 37> 52»	02m 16d
9	22º 20> 02»	-05m 13d	15º 48> 13»	-05m 32d	5º 15> 15»	02m 37d
10	22º 12> 35»	-05m 22d	15º 30> 45»	-05m 23d	4º 52> 33»	02m 58d
11	22º 04> 45»	-05m 30d	15º 13> 03»	-05m 13d	4º 29> 46»	03m 19d
12	21º 56> 32»	-05m 38d	14º 55> 06»	-05m 03d	4º 06> 55»	03m 40d
13	21º 47> 57»	-05m 45d	14º 36> 54»	-04m 53d	3º 43> 59»	04m 01d
14	21º 38> 59»	-05m 52d	14º 18> 29»	-04m 42d	3º 20> 59»	04m 22d
15	21º 29> 40»	-05m 58d	13º 59> 51»	-04m 30d	2º 57> 56»	04m 44d
16	21º 19> 58»	-06m 04d	13º 40> 59»	-04m 18d	2º 34> 50»	05m 05d
17	21º 09> 55»	-06m 09d	13º 21> 54»	-04m 06d	2º 11> 40»	05m 26d
18	20º 59> 30»	-06m 14d	13º 02> 37»	-03m 53d	1º 48> 28»	05m 48d
19	20º 48> 44»	-06m 18d	12º 43> 07»	-03m 39d	1º 25> 14»	06m 09d
20	20º 37> 37»	-06m 22d	12º 23> 25»	-03m 25d	1º 01> 57»	06m 31d
21	20º 26> 09»	-06m 25d	12º 03> 32»	-03m 10d	0º 38> 39»	06m 52d
22	20º 14> 21»	-06m 28d	11º 43> 27»	-02m 55d	0º 15> 19»	07m 13d

23	20° 02› 12»	-06m 30d	11° 23› 11»	-02m 40d	-0° 08› 01»	07m 34d
24	19° 49› 43»	-06m 31d	11° 02› 44»	-02m 24d	-0° 31› 23»	07m 55d
25	19° 36› 55»	-06m 32d	10° 42› 06»	-02m 08d	-0° 54› 45»	08m 16d
26	19° 23› 47»	-06m 32d	10° 21› 19»	-01m 51d	-1° 18› 06»	08m 37d
27	19° 10› 19»	-06m 32d	10° 00› 21»	-01m 34d	-1° 41› 28»	08m 57d
28	18° 56› 33»	-06m 31d	9° 39› 13»	-01m 16d	-2° 04› 49»	09m 18d
29	18° 42› 27»	-06m 29d	9° 17› 57»	-00m 58d	-2° 28› 09»	09m 38d
30	18° 28› 04»	-06m 27d	8° 56› 31»	-00m 40d	-2° 51› 28»	09m 58d
31	18° 13› 22»	-06m 24d	8° 34› 57»	-00m 22d		

DAFTAR DEKLINASI MATAHARI DAN EQUATION OF TIME

Tgl	OKTOBER		NOVEMBER		DESEMBER	
	DEK	EQT	DEK	EQT	DEK	EQT
1	-3º 14> 45»	10m 17d	-14º 28> 25»	16m 27d	-21º 49> 11»	11m 00d
2	-3º 38> 00»	10m 37d	-14º 47> 29»	16m 28d	-21º 58> 15»	10m 37d
3	-4º 01> 12»	10m 56d	-15º 06> 19»	16m 29d	-22º 06> 53»	10m 14d
4	-4º 29> 22»	11m 14d	-15º 24> 53»	16m 28d	-22º 15> 05»	09m 50d
5	-4º 47> 28»	11m 33d	-15º 43> 13»	16m 27d	-22º 22> 53»	09m 25d
6	-5º 10> 31»	11m 51d	-16º 01> 17»	16m 25d	-22º 30> 14»	09m 00d
7	-5º 33> 30»	12m 08d	-16º 19> 05»	16m 22d	-22º 37> 08»	08m 34d
8	-5º 56> 25»	12m 25d	-16º 36> 36»	16m 18d	-22º 43> 36»	08m 08d
9	-6º 19> 15»	12m 42d	-16º 53> 51»	16m 13d	-22º 49> 37»	07m 42d
10	-6º 41> 59»	12m 58d	-17º 10> 48»	16m 08d	-22º 55> 11»	07m 15d
11	-7º 04> 39»	13m 14d	-17º 27> 28»	16m 01d	-23º 00> 18»	06m 47d
12	-7º 27> 13»	13m 30d	-17º 43> 50»	15m 54d	-23º 04> 57»	06m 19d
13	-7º 49> 40»	13m 45d	-17º 59> 53»	15m 46d	-23º 09> 10»	05m 51d
14	-8º 12> 01»	13m 59d	-18º 15> 37»	15m 37d	-23º 12> 54»	05m 23d
15	-8º 34> 15»	14m 13d	-18º 31> 02»	15m 27d	-23º 16> 11»	04m 54d
16	-8º 56> 21»	14m 26d	-18º 46> 07»	15m 16d	-23º 19> 00»	04m 25d
17	-9º 18> 20»	14m 39d	-19º 00> 53»	15m 05d	-23º 21> 21»	03m 56d
18	-9º 40> 11»	14m 51d	-19º 15> 18»	14m 53d	-23º 23> 14»	03m 27d
19	-10º 01> 53»	15m 02d	-19º 29> 22»	14m 39d	-23º 24> 39»	02m 57d
20	-10º 23> 27»	15m 13d	-19º 43> 06»	14m 25d	-23º 25> 35»	02m 27d
21	-10º 44> 51»	15m 23d	-19º 56> 28»	14m 10d	-23º 26> 04»	01m 58d
22	-11º 06> 06»	15m 32d	-20º 09> 28»	13m 55d	-23º 26> 04»	01m 28d

23	-11º 27› 11»	15m 41d	-20º 22› 06»	13m 38d	-23º 25› 36»	00m 58d
24	-11º 48› 06»	15m 49d	-20º 34› 21»	13m 21d	-23º 24› 40»	00m 29d
25	-12º 08› 50»	15m 57d	-20º 46› 14»	13m 03d	-23º 23› 15»	-00m 01d
26	-12º 29› 23»	16m 03d	-20º 57› 43»	12m 44d	-23º 21› 22»	-00m 31d
27	-12º 49› 44»	16m 09d	-21º 08› 49»	12m 25d	-23º 19› 01»	-01m 00d
28	-13º 09› 54»	16m 14d	-21º 19› 31»	12m 05d	-23º 16› 12»	-01m 30d
29	-13º 29› 51»	16m 19d	-21º 29› 49»	11m 44d	-23º 12› 55»	-01m 59d
30	-13º 49› 36»	16m 22d	-21º 39› 43»	11m 22d	-23º 09› 10»	-02m 28d
31	-14º 09› 07»	16m 25d			-23º 04› 57»	-02m 56d

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Hasanuddin *Z*, 2001, *Geodesi Satelit,* Jakarta: Pradnya Paramita.

Admiranto, Gunawan, 2009, *Menjelajah Bintang Galaksi dan Alam Semesta*, Yoyakarta: Kanisius.

Ahmad SS., Noor, tt, *Nur al-Anwar*, Kudus: Madrasah Tasywiqat-Tullab Salafiyah.

....., tt, *Risalah Syams al-Hilil*, jilid I, Kudus: Madrasah Tasywiqat-Tullab Salafiyah.

Alfani, Khozin, *Analisis Perhitungan Awal Waktu Salat dengan Basis Algoritma VSOP87 dan ELP2000,* (tesis tidak diterbitkan) Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang.

al-Razi, Fakhruddîn, 1398 H, *al-Tafsir al-Kabir*, Beirut: Dâr al-Fikr.

al-Subki, Taqiyudin ʻAli, tt., *Fatawa al-Subki*, Kairo: Maktabah al-Qudsi

al-Suyuti, 1951, *al-Mazar fi ʻUlum al-Lugah wa Anwa'iha,* Beirut: Dâr al-Kutub al-ʻIlmiyyah

al-Syarbini, Muhammad al-Khâtib, 1374 H./1997 M, *Mugnî al-Muhtâj*, , Juz I, Mesir: Maktbah al-Istiqâmah.

al-Zuhaily, Wahbah, 1997, *al-Fiqhu al-Islami Wa'adillatuhu*. Beirut: Dār-al-Fikr.

.....,, 1998, *Tafsir al-Munir fi al-'Aqidah wa-Syari'ah wa al-Manhaj*, Beirut: Dar al-Kitab al-'Ilmiyah.

Anshari, Endang Saefudin, *Ilmu, Filsafat dan Agama*, Surabaya: Bina Ilmu, 1991

Anugraha, Rinto, 2012, *Mekanika Benda Langit*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Asqalani, Ibnu Hajar al-, t.t, *Fathul Bari*, Juz II, Libanon: Dar Fikr.

Audah, M. Syaukat, 2004, *Hisab Mawaqit al-Salah*, Yordania: ICOP.

Azhari, Susiknan, 2005, *Ensiklopedi Hisab Rukyat*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

....., 2007, *Ilmu Falak Perjumpaan Khazanah Islam dan Sains Modern,* Yogyakarta: Suara Muhammadiyah.

....., 2008, *Ensiklopedi Hisab Rukyat,* Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Ba'alawi, Abdurrahman bin Muhammad bin Husain, 1396 H., *Bugyah al-Mustarsyidīn*, Beirut: Dar-al-Fikr.

Baalbaki, Rohi, *Al-Maurid*, Beirut: Dar El-Ilm Lilmalayin, 1995,

Basuki, Slamet, 2006, *Ilmu Ukur Tanah*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Buthi, M. Sa'id Ramadhan Al-., 2003, *Fiqh Sirah Nabawiyah*: Beirut: Dar al-Fikr.

Clarke, A. E. Roy and D., 1978, *Astronomy Principles and Practices*, British: The Institute of physics.

Dahlan, Abdul Aziz, dkk., *Ensiklopedi Hukum Islam*, Jilid I, Cet. I Jakarta: P.T. Ichtiar Baru van Hoeve, 1997.

Dasuki, Hafidz, dkk, *Ensiklopedi Islam* Jilid I, Jakarta: Ichtiar Baru van Hoeve, 1994.

Dawanas, Djani N., 1996, *Dasar Astronomi Bola*, Bandung: ITB.

Departemen Agama RI, 2007, *Al-Qur'an Dan Terjemahannya*, Jakarta: Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah.

....., 1981, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam.

....., 1995, *Pedoman Penentuan Jadwal Waktu Salat Sepanjang Masa*, Jakarta.

....., 2001, *Selayang Pandang Hisab Rukyat*, Jakarta: Dirjen Bimas Islam.

....., 2004, *Hisab Rukyat dan Perbedaannya*, Jakarta: Dirjen Binbaga Islam.

Departemen Agama RI, 2007, *Al-Qur'an Dan Terjemahannya*, Jakarta: Direktorat Jendral Bimbingan Masyarakat Islam Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syariah.

.....,2017*Ephemeris Hisab Rukyat*, setiap tahun, Jakarta: Direktorat Urusan Agama Islam dan Pembinaan Syari'ah Ditjen Bimbingan Masyarakat Islam.

Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1989, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, cet.3, Jakarta: Balai Pustaka.

Diknas, 2008, *Kamus Besar Indonesia*, Jakarta: Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional

Direktorat Hidro Oeanografi TNI AL.RI, setiap tahun, *Almanak Nautika*, Jakarta.

Djamaluddin, T., "Hisab Waktu Salat Dalam Kajian Astronomi", Lokakarya Imsakiyah Ramadhan 1432 H, pada hari Senin, 27 Juni 2011 diselenggarakan oleh PPM IAIN Walisongo Semarang di Hotel Muria Semarang.

....., 2005, *Menggagas Fiqih Astronomi, Telaah Hisab-Rukyat dan Pencarian Solusi Perbedaan Hari Raya,* Bandung: Kaki Langit.

....., et all. 2010, *Hisab Rukyat di Indonesia serta Permasalahannya,* Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.

....., 2010, *"Astronomi Sebagai Sarana Memadukan Penyatuan Awal Bulan"* di unduh pada tanggal 28 Desember 2012, dari: http//tdjamaluddin.wodpres.

....., 2005, *Astronomi Salah Satu Solusi Penyatuan Kalender Islam*.

Djambek, Sa'adoeddin, 1947, *Pedoman Penentuan Jadwal Waktu Salat Sepanjang Masa*, Jakarta: Bulan Bintang.

....., 1974, *Pedoman Waktu Shalat Sepanjang Masa (Guna Mengetahui Waktu-Waktu Shalat yang Lima bagi Setiap Tempat di antara Lintang 7º Utara dan Lintang 10º Selatan)*, Jakarta: Penerbit Bulan Bintang.

....., 1974, *Shalat dan Puasa di Daerah Kutub*, Jakarta: Bulan Bintang.

....., 1976, *Hisab Awal Bulan*, Jakarta: Tintamas.

Fahmi, M. Riza, *Studi Analisis Jadwal Salat Sepanjang Masa H. Abdurrani Mahmud dalam Perspektif Astronomi,* (tesis tidak diterbitkan) Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang.

Fahrurrazi, Djawahir, 2011, *Sistem Acuan Geodesi dari Bigbang sampai Kerangka Acuan Terestrial,* Yogyakarta: Gadjah Mada Universitas Press.

Fanani, Muhyar, *Ilmu Ushul Fiqh di Mata Filsafat Ilmu*, Semarang: Walisongo Press., 2009.

Fauzi, Tahrir, 2011, *Studi Analisis Penetapanawal Bulan Kamariah Sistem Aboge Di Desa Kracak Kecamatan Ajibaranag Kabupaten Banyumas Jawa Tengah,* (Skripsi tidak dicetak), Semarang: Fakultas Syari'ah IAIN Walisongo.

Habieb, Sa'di Abu, 2006, *Mausuu'atul Ijmak* (terj. Sahal Machfudz dan Musthofa Bisri; Ensiklopedi Ijmak), Jakarta: Pustaka Firdaus.

Hadi, Dimski, 2009, *Sains untuk Kesempurnaan Ibadah, Penerapan Sains dalam Peribadatan,* Yogayakarta: Priapuskata.

Hambali, Slamet, 2006, "Altitude dan Azimut" Seminar Pendidikan dan Pelatihan Nasional Pelaksanaan Rukyat NU, di Masjid Agung Jawa Tengah, Semarang, 17-23 Desember.

....., 2009, *Pemikiran Tahun Jawa Sultan Agung,* (dalam majalah *Zenith*), edisi ke-1.

....., 2011, *Almanak Sepanjang Masa Sejarah Sistem Penanggalan Masehi Hijriyah dan Jawa,* Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang.

....., 2011, *Ilmu Falak I Penentuan Awal Waktu Salat dan Arah Kiblat Seluruh Dunia,* Semarang: Program Pascasarjana IAIN Walisongo Semarang.

....., 2012, *Pengantar Ilmu Falak Menyimak Proses Pembentukan Alam Semesta,* Banyuwangi: Bismillah Publisher.

....., 2013, "Imsakiyah Ramadhan 1434 H.", di Hotel New Metro Semarang 12 Juni.

....., 2013, *Arah Qiblat Setiap Saat,* Yogyakarta.

Hasan, Muhammad, 2012, *Imkan Ru'yah di Indonesia (Memadukan Perspektif Fiqih dan Astronomi),* (Disertasi tidak diterbitkan), Semarang: IAIN Walisongo.

Hasni, 2011, *Pandangan Jamaah An-Nazir Dalam Menentukan Awal Bulan Qamariyah Menurut Tinjauan Astronomi*, Semarang: Pascasarjana IAIN Walisongo.

Hollander, H.G. Den, 1951, *Ilmu Falak*, Jakarta: J.B. Wolters.

Hudhoifah, Yuyun, 2011, *Formulasi Penentuan Awal Waktu Shalat yang Ideal*, (skripsi tidak diterbitkan), Semarang: Fakultas Syariah IAIN Walisongo.

Ibnu Rusyd, al-Faqih Abul Wahid Muhammad Bin Ahmad Bin Muhammad, t.t, *Bidayatul Mujatahid Analisa Fiqih Para Mujtahid,* Juz 1, Beirut: Dar al-Fikr.

Ichtijanto. 1981, *Almanak Hisab Rukyat*, Jakarta: Proyek Pembinaan Badan Peradilan Agama Islam.

Ilyas, Mohammad, 1984, *A Modern Guide to Astranomical Calculations of Islamic Calendar Times & Qibla,* Kuala Lumpur: Berita Publishing.

....., 20i1, *Unified World Islamic Calendar: Shari'a, Science and Globalization*. Penang, Malaysia: International Islamic Calendar Programme.

Iman, Ma'rifat, *Kalender Islam Internasional; Analisis Terhadap Perbedaan Sistem*, Jakarta: Tesis, Sekolah Pascasarjana UIN Jakarta, 2009.

Ismail, Syuhudi, 1994, *Hadis Nabi Yang Tekstual dan Kontekstual,* Jakarta: Bulan Bintang

Izzuddin, Ahmad, 2007 & 2010, *Fiqh Hisab Rukyah Di Indonesia (Sebuah upaya penyatuan madzhab rukyah dengan madzhab hisab),* Jakarta: Erlangga.

....., *Ilmu Falak Praktis*, Semarang: Komala Grafika, 2006.

Jamil, A, 2009, *Ilmu Falak, Teori dan Aplikas Arah Qiblat, Awal Waktu dan Awal Tahun (Hisab Kontemporer),* Jakarta: Amzah.

Kahar, Joenil, 2008, *Geodesi*, Bandung: ITB.

Kattsof, L.O., *Pengantar Filsafat*, terj. Soejono Soemargono, Yogyakarta: Tiara Wacana, 1989.

Khafid, 2010, "Sistem Koordinat", Makalah Kuliah Astronomi IAIN Walisongo, Semarang, 15 Mei.

....., *Modul Kuliah Astronomi dan Hisab Kontemporer,* Semarang: Pascasarjana IAIN Walisongo

....., 2013, *Hisab Kontemporer* (makalah pada perkuliahan), Semarang: Pascasarjana IAIN Walisongo.

Khazin , Muhyiddin, 2004, *Ilmu Falak dalam Teori dan Praktek*. Yogyakarta: Buana Pustaka.

....., 2005, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka.

....., 2008, *Kamus Ilmu Falak*, Yogyakarta: Buana Pustaka.

Koesdiono, 1983, *Ilmu Ukur Segitiga Bola,* Bandung: ITB.

Loewis Ma'luf, *al-Munjid*. cet. 25, Beirut: Dar al-Masyriq, 1975.

M. Green, Robin, 1985, *Spherical Astronomy*, Cambridge, Cambridge University Press.

Ma'luf, Loewis, 1975, *al-Munjid*, Beirut: Dar al-Masyriq.

Mandzur, Ibn, *Lisan al-Arab*, Mesir: Dar al-Ma'arif, tt.

Masroeri, A. Ghozali, 2000, *Rukyahul Hilal Pengertian dan Aplikasinya*, Jakarta: tp.

....., tanggal 27-29 Februari 2008, *Rukyatul Hilal, Pengertian dan Aplikasinya,* Disampaikan dalam Musyawarah Kerja dan Evaluasi Hisab Rukyat Tahun 2008 yang diselenggarakan oleh Badan Hisab Rukyat Departemen Agama RI di Ciawi Bogor.

Meeus, J. 1991, *Astronomical Algorithms*. Willmann-Bell, Richmond.

Moeid, Ibnu Zahid Abdoel, 2011, "Diklat Hisab Rukyat Angkatan II Tahap Pertama" 23 -24 Shofar 1432 H./ 28-29 Januari 2011 M, Fakultas Syari'ah Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

Mudzakir, 2006, *Pedoman Hisab Rukyah Departemen Agama RI*, Semarang: Diklat Hisab Dan Rukyah Nasional.

Mughniyyah, Muhammad Jawa, 2007, *Fiqih Lima Madzhab*, diterjemahkan oleh Masykur, dkk dari *al-Fiqh 'ala al-Madzahib al-Khamsah*, Jakarta: Lentera.

Muhadjir, Noeng, *Filsafat Ilmu: Telaah Sistematis Fungsional Komparatif*, Yogayakarta: Rake Sarasin, 1999

Munawwir, Ahmad Warson, 1997, *Al-Munawwir Kamus Arab-Indonesia*, Yogyakarta, Pustaka Progressif.

Muslim, Abu Husain, tt, *Sahih Muslim*, Jilid I,Beirut: Dar al Fikr.

Musthafa, Ahmad bin, *Miftah al-Saadah wa Misbah al-Siyadah*, Berut: Darul Kutub Ilmiyah., tt.

Nawawi, Abd Salam, 2006, *Algoritma Hisab Ephimeris*, Semarang: Pendidikan dan Pelatihan Nasional Pelaksanaan Rukyah Nahdotul Ulama.

NIMA, 2000, *Defense Mapping Agency, 1984, Geodesy For The Layman Geodesy For The Layman,* Washington: Building 56 U S Naval Bservatory.

Noer, Deliar, 1996, *Gerakan Modern Islam di Indonesia*, Jakarta: PT Pustaka LP3ES.

Nurwendana, Cecep, 2006, "Simulasi Pergerakan Benda Langit Pedoman Rukyatul Hilal" Seminar Pendidikan dan Pelatihan Nasional Pelaksanaan Rukyat NU, di Masjid Agung Jawa Tengah, Semarang, 17-23 Desember.

....., 2010, "Aplikasi Segitiga Bola dalam Rumus-rumus Hisab Rukyat" disampaikan pada: Kegiatan Pembinaan dan Orientasi Hisab Rukyat Hisab dan Rukyat di Lingkungan PA/MA Direktorat Pranata dan Tata Laksana Perkara Perdata Agama Ditjen Badilag Mahkamah Agung RI Tanggal 25 – 27 Mei 2010 di Hotel Sahid Manado, Jl. Baba Palar No. 1 Manado, Sulawesi Utara.

Osborne, R, *Filsafat Untuk Pemula*, Cet. Ke-8 Penerbit Kanisius, Yogyakarta, 2001.

Partanto dan Al-Barry, 1994, *Kamus Ilmiah Populer*, Surabaya: Arkola

PBNU, Sek.Jen, 2006, Pedoman Rukyat dan Hisab Nahdlatul Ulama, Jakarta: Lajnah Falakiyah PBNU.

Prahasta, Eddy, 2003, *Sistem Koordinat & Datum Geodetik*, Bandung: Penerbit Informatika.

Prijatna, Kosasih, 2006, *Geometri Elipsoid*, Bandung: ITB.

Purwadi, 2004, *Sejarah Sultan Agung; Harmoni Antara Agama Dengan Negara*, Yogyakarta: Media Abadi.

Purwanto, 1992, *Visibilitas Hilāl Sebagai Acuan Penyusunan Kalender Islam*, Bandung: ITB.

Qosim, Nizar Mahmud, 2009, *Al-Maa'yiru Al-Fiqhiyah Wa Al-Falakiyah Fi I'idad Al-Taqawiym Al-Hijriyyah*, Bairut : Daar al-Basyair al-Islamiyah.

Rachim, Abd, 1983, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty.

....., 1983, *Ilmu Falak*, Yogyakarta: Liberty.

Radiman, Iratius., 1980, *Ensiklopedi-Singkat Astronomi dan Ilmu yang Bertautan*, Bandung: ITB,.

Rohmah, Nihayatur, 2011, *Penentuan Waktu Salat Isya dan Subuh dengan Aplikasi Fotometri*, (tesis tidak diterbitkan), Semarang: Program Pasca Sarjana IAIN Walisongo Semarang.

Ruskanda, Farid, 1996, *100 Masalah Hisab dan Rukyat Telaah Syariah, Sains dan Teknologi*, Jakarta: Gema Insani Press.

Sadiq, Sriyatin, 2009, (Makalah), Platihan Dan Pendalaman Ilmu Falak,Pascasarjan IAIN Walisongo Semarang tanggal 10-11 Januari.

Sadykov, Kh. U., 2007, *Abu Raihan al-Biruni,* (*Terj. Mursid Djokolelono*), Jakarta : Suara Bebas.

Saksono, Tono, 2007, *Mengkompromikan Rukyat & Hisab*, Jakarta: Amythas Publicita,

San'ani, Muhammad bin Isma'il Amir Yamani As-, 1187 H, *Subulussalam, Syarah Bulugul Maram min Jami' Adilatil Ahkam*, Juz I, Libanon: Darul Ahya'.

Shihab, M. Quraish, 2005, *Tafsir Al-Misbah,* vol. 2, Jakarta: Lentera Hati.

....., 2011, *Membaca Sirah Nabi Muhammad saw dalam Sorotan al-Qur'an dan Hadis-Hadis Shahih*, Ciputat: Lentera Hati.

Sibawaihi, Eskatologi al-Ghazali dan Fazlur Rahman, *Studi Komparatif Epistemologi Klasik-Kontemporer*, Yogyakarta: Islamika, 2004

Simamora, P., 1985, *Ilmu Falak Kosmografi*, Jakarta : CV. Pustaka Bangsa.

Siradj, Said Aqil, 2008 (edisi Rabu 9 Januari), "*Memahami* Sejarah Hijrah", dimuat dalam harian *REPUBLIKA*.

Sudarsono, Bambang, 1978, *Astronomi Geodesi,* Bandung: ITB.

Supriatna, Encup, 2007, *Hisab Rukyat dan Aplikasinya,* Bandung: Refika Aditama.

Suriasumantri, Jujun, *Filsafat Ilmu*, Jakarta: Pustaka Sinar Harapan, 1998.

....., *Ilmu dalam Perspektif*, PT Gramedia, Jakarta, 1983.

Syami, Yahya, *Ilm al-Falak min Shafahat al-Turats al-'Ilmy, Beirut: Dar al-Kitab al-Araby*, 1997.

Tanudidjaja, Muh. Ma'mur, 1996, *Bumi dan Antariksa*, Semarang: Diknas.

Tim Redaksi Kamus Bahasa Indonesia, *Kamus Bahasa Indonesia*, Jakarta: Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional., 2008.

Tjasyono, Bayong, 2009, *Ilmu Kebumian dan Antariksa,* Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

TNI Angkatan Laut, 1995, *Almanak Nautika*, Jakarta: Dinas Hidro Oceanografi.

Wangsotjitro, Soetomo, 1981, *Ilmu geodesi Tinggi I*, Yogyakarta: Kanisius.

....., 1957, *Hisab 'Urfi dan Hakiki*, Yogyakarta, t.p.

....., *Hisab Urfi dan Hakiki*, Yogyakarta: Siaran, 1957.

Yallop, B. D., 2004, *A Method for Predicting the First Sight of the New Crescent Moon*. New York: NAO Technical Note 69.

Zahrah, Muhammad Abu, 1946, *Malik: Hayatuh wa 'Asruh; Arauh wa fiqhuh*, Beirut: Dar al-Fikr al'Arabi.

Zahrah, Muhammad Abu, 1947, *Abu Hanifah; Hayatuhu wa 'Asruh, Arauhu wa Fiqhuh*, Bairut: Dar al-Fikr al-'Arabi.

Software

Software Stary Night Orion Special Edition Pro.06

Software Winhisab Version 2.0 Badan Hisab Rukyat Kementerian Agama RI.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
M A T A R A M

ILMU FALAK ASTRONOMI

TEORI & APLIKASI DASAR

Buku ini, secara garis besar membahas tentang perhitungan arah kiblat, waktu shalat, dan awal bulan yang dilengkapi dengan cara penggunaan kalkulator, sehingga mempermudah dalam belajar, dan juga dibahas dalam dari sisi fiqh dan astronomi secara praktis. Dengan harapan, semoga mahasiswa dan masyarakat peminat kajian ilmu falak_astronomi mudah untuk mengaplikasikan, baik dalam melakukan pengukuran arah Kiblat, perhitungan awal waktu salat, maupun dalam penentuan awal bulan Qamariah.

UIN MATARAM PRESS
GEDUNG RESEARCH CENTRE
Lt. 1- KAMPUS II UIN MATARAM
Jl. Gajah Mada No. 100 Jempong Baru - Mataram

ISBN 978-623-98882-1-3